

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

JAN ŠMÍD

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Monitorování teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla
Temperature Measurement in Borehole Heat
Exchangers

2012

JAN ŠMÍD

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Šmíd**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2601R004 Měřicí a řídicí technika
Téma: **Monitorování teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla**
Temperature Measurement in Borehole Heat Exchangers

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor současného stavu měření teplot v geotermálních výměnících pro tepelná čerpadla, jejich přenosu na server a archivace.
2. Rozbor příčin výpadků při archivaci měřených dat.
3. Návrh a realizace opatření pro indikaci výpadků měření.
4. Návrh a realizace lokální vizualizace.
5. Nasazení a testování systému.
6. Zhodnocení výsledků.
7. Rozšířený abstrakt v anglickém jazyce v rozsahu 3 strany sumarizující řešení. Rozšířený abstrakt bude přiložen jako jedna z příloh.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. *Studie metodiky měření vlastností horninového masivu v návaznosti na efektivní provoz tepelných čerpadel.* Závěrečná zpráva k projektu MPO Efekt 122142 0234, 2011.
2. Firemní technická dokumentace pro použité komponenty řídicího systému.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 4. května 2012

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jan Šmíd', is written on a light yellow rectangular background. The signature is fluid and cursive.

Jan Šmíd

Poděkování

Děkuji především svému vedoucímu bakalářské práce doc.Ing. Jiřímu Kozíorkovi, PhD., za jeho cenné rady a připomínky. Také bych chtěl poděkovat dalším učitelům, doktorandům a svým kolegům, kteří mi poskytli cenné rady pro úspěšnou realizaci této práce. Také bych rád poděkoval všem, kteří mě podporovali v průběhu realizace této práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá rozbořem současného stavu a příčin výpadků měření teplot v geotermálních výměnících pro tepelná čerpadla včetně jejich přenosu na server, a dále pak návrhem a realizací opatření pro indikaci výpadků měření, včetně realizace lokální vizualizace systému v PLC.

Klíčová slova

Monitorování teplot, Měření dat, Kontrola systému, Vizualizace v PLC, Bernecker & Rainer X20, automatické zasílání emailu, SMS.

Abstract

This bachelor thesis deals with analysis of current status causes of failures in the measurement of temperature geothermal heat exchangers for heat pumps including their transmission to the server, then design and implementation of measures to indicate failures of measurement, including the implementation of local visualization system in the PLC.

Keywords

Temperature Measurement, Data Measurement, System Control, Visualization PLC, Bernecker & Rainer X20, automatic sending of emails

Seznam použitých symbolů a zkratek

®	-	Registered Trade Mark – Registrovaná Ochranná Znamka, tradiční symbol ochranné známky
A/D (C)	-	Analog/Digital (Convertor) – převodník analogové veličiny na digitální hodnotu
AT	-	Příkaz používaný v unixových operačních systémech, slouží pro naplánované (odložené) spuštění programů (skriptů)
B&R	-	Bernecker & Rainer – výrobce automatizační techniky a PLC
CAN	-	Controller Area Network - sběrnice využívaná nejčastěji pro vnitřní komunikační síť senzorů a funkčních jednotek
CIT	-	Centrum Informačních Technologií
COM	-	Component Object Model - (Microsoft) Model umožňující programátorům vyvíjet softwarové objekty dostupné pro všechny aplikace, které podporují model COM
CSV	-	Comma Separed Value – jednoduchý souborový formát pro výměnu tabulkových dat, datové hodnoty jsou oddělené čárkami
DC	-	Direct Current - Stejnosměrný elektrický proud, zkráceně též ss nebo DC
DCOM	-	Distributed Component Object Model. Rozšíření technologie Component Object Model na podporu objektů distribuovaně uložených na síťových serverech
DDE	-	Dynaimc Data Echanger – Dynamická výměna dat a sdílení proměnných mezi aplikacemi
DLL	-	Dynamic-link library - Dynamicky Linkovaná Knihovna - implementace konceptu sdílených knihoven pro operační systém Microsoft Windows
DNS	-	Domain Name Systém - Distribuovaná datová služba s replikací, prostředek pro fungování hierarchického systému domén. Zajišťuje decentralizovaným způsobem překlad jména hostitele (počítače) na jeho IP adresu a naopak. Používá port 53
EDGE	-	Enhanced Data for GSM Evolution - vylepšená datová technologie pro GSM, na rozdíl od GPRS používá jinou modulaci (8 PSK), odstup nosných vln zůstává na 200 kHz. Dosažitelná rychlost přenosu dat je 384 Kbit/s
FTP	-	File Transfer Protocol – protokol pro přenos souborů
GSM	-	Global System for Mobile Communication - Globální Systém Mobilních Komunikací - Systém digitální mobilní telefonie v pásmu 900 (také 450, 1800 a 1900) MHz. Používá datové kanály 9,6 Kb/s, při použití EDGE i více
HEX	-	Šestnáctková soustava (též hexadecimální soustava) je číselná soustava o základu 16
HMI	-	Human Machine Interface
HTML	-	Hyper Text Markup Language – značkovací jazyk pro hypertext; je jedním z jazyků pro vytváření www
I/O	-	Input/Output – Vstupní/Výstupní
IP	-	Internet Protocol – je základním protokolem pracujícím na síťové vrstvě používaným v počítačových sítích a Internetu. Protokol IP poskytuje datagramovou službu celé rodině protokolů TCP/IP
MPI	-	Multi Point Interface – sběrnice určená pro průmysl
MS SQL	-	Microsoft SQL Server - databáze
MV	-	Monitorovací / Měřicí Vrt
MVP	-	Malý výzkumný polygon
ODBC	-	Open Database Connectivity – standardizované softwarové API pro přístup k databázovým systémům. Snahou ODBC je poskytovat přístup nezávislý na programovacím jazyku, operačním systému a databázovém systému

OPC	-	OLE for Process Control – je standardizovaná specifikace rozhraní pro aplikace řízení a monitorování rychlých procesů; Specifikace má architekturu kliente-server
OPC DA	-	OPC Data Access - skupina standardů, které stanoví požadavky na datovou komunikaci v reálném čase pro přístroje sběru dat, jako jsou PLC pro zobrazovací zařízení jako jsou terminály (HMI). Tyto specifikace se zaměřují na průběžné sdělování údajů
PAC	-	Programmable Automation Controller
PC	-	Personal Computer – Osobní počítač
PDU	-	Protocol Description Unit – PDU datagram je záznam obsahující souhrn údajů potřebných pro transport krátkých textových zpráv
PHP	-	Hypertext Preprocessor – skriptovací programovací jazyk
PLC	-	Programmable Logic Controller – programovatelný logický automat
PVI	-	Process Visualization Interface – rozhraní vizualizace procesů
RAM	-	Random Access Memory - Paměť s přímým přístupem - typ elektronické paměti, která umožňuje přístup k libovolné části v konstantním čase bez ohledu na její fyzické umístění
RTD	-	Resistance Temperature Detectors – odporové teplotní čidla vstupních modulů ICPDAS
SCADA	-	Supervisory Control And Data Acquisition – řízení kontroly a sběr dat
SIM	-	Subscriber Identity Module - Účastnická Identifikační Karta která slouží pro identifikaci účastníka v mobilní síti. Je standardizována podle standardu ETSI GSM 11.11
SMA	-	SubMiniature version A - Typ spojovacího konektoru pro koaxiální kabely. SMA se vyrábějí s impedancí o velikosti 50 Ω
SMS	-	Short Message Service - Služba Krátkých Textových Zpráv - zprávu lze posílat mezi mobilními telefony, jinými zařízeními, na pevné telefony nebo přes internet. Délka zprávy je omezena na 160 znaků. V Evropě se často jako SMS označuje i samotná krátká textová zpráva
SMTTP	-	Simple Mail Transfer Protocol - internetový protokol určený pro přenos zpráv elektronické pošty (e-mailů) mezi přepravci elektronické pošty (MTA)
SSL	-	Secure Sockets Layer, SSL - (doslova vrstva bezpečných socketů) je protokol, resp. vrstva vložená mezi vrstvu transportní (např. TCP/IP) a aplikační (např. HTTP), která poskytuje zabezpečení komunikace šifrováním a autentizací komunikujících stran. Následovníkem SSL je protokol Transport Layer Security (TLS)
TCP/IP	-	Transmission Control Protocol / Internet Protocol - Označení rodiny komunikačních protokolů pro komunikaci v počítačové síti
TČ	-	Tepelné čerpadlo
TM	-	Trademark – jeden ze způsobů označení ochranné známky
TRT	-	Thermal Response Test – měření teplotní odezvy horninového masivu
TUV	-	Výraz TUV - teplá užitková voda je již dle v současnosti platných norem změněn na výraz TV - teplá voda
TXT	-	Textový soubor
USB	-	Universal Serial Bus - univerzální sériová sběrnice, moderní způsob připojení periférií k počítači
VEC	-	Výzkumné Energetické Centrum v pavilónu VŠB-TU Ostrava
VM	-	Měřicí Vrt
VNC	-	Virtual Network Computing - grafický program, který umožňuje vzdálené připojení ke grafickému uživatelskému rozhraní pomocí počítačové sítě
VŠB-TU Ostrava	-	Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava
VVP	-	Velký výzkumný polygon

Obsah

1. Úvod	1
1.1 Struktura práce.....	2
2. Rozbor současného měření teplot v geotermálních výměnících pro TČ, přenosu a archivace dat	3
2.1 Tepelné čerpadla.....	3
2.2 Měření teplot v geotermálních výměnících pro TČ	5
2.2.1 Platinové odporové snímače teploty PT1000.....	5
2.2.2 Digitální snímače teploty DALLAS DS18B20	10
2.3 Velký výzkumný polygon – VVP.....	11
2.4 Malý výzkumný polygon - MVP	12
2.5 Výzkumný polygon v areálu Green Gas DPB	16
2.6 Přenos dat na server a archivace	16
2.6.1 Přenos dat na server a jejich archivace v MVP	16
2.6.2 Přenos dat na server a jejich archivace ve VVP	23
2.6.3 Přenos dat na server a archivace Green Gas	26
3. Rozbor příčin výpadků při archivaci měřených dat	27
4. Návrh a realizace opatření pro indikaci výpadků měření	36
4.1 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí emailových zpráv s použitím PLC a SMTP	37
4.2 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí emailových zpráv s použitím OPC DataHub™	38
4.2.1 Propojení kontrolovaných měřených proměnných mezi PLC a OPC DataHub™	39
4.2.2 Konfigurace OPC DataHub™ pro zasílání emailových zpráv	41
4.3 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí SMS zpráv s použitím OPC DataHub™	45
4.4 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí SMS zpráv s použitím GSM modulu	48
5. Návrh a realizace lokální vizualizace.....	52
5.1 Vizualizace v Automation Studio™.....	52
5.1.1 Konfigurace PLC pro chod vizualizace	53
5.1.2 Konfigurace komunikace PLC a vizualizace	54
5.1.3 Realizace vizualizace v Automation Studio™.....	55
5.2 Zobrazení vizualizace pomocí VNC Viewer™	60
6. Nasazení a testování systému	61
6.1 Kontrola a notifikace nežádoucích stavů v reálném provozu	61
7. Zhodnocení výsledků	63
Seznam příloh	

Seznam obrázků

Obr. 1 Princip funkce tepelného čerpadla	4
Obr. 2 Toleranční pole tříd přesností A a B čidla PT1000 dle katalogu SENSIT	7
Obr. 3 Příklad reálného odporového platinového snímače teploty PT1000	8
Obr. 4 Platinový odporový snímač teploty typu Pt100	8
Obr. 5 Zapojení platinových odporových snímačů teploty včetně doporučeného teplotního značení dle ČSN IEC 751 - dvou vodičové (vlevo) a třívodičové (vpravo)	9
Obr. 6 Zapojení platinových odporových snímačů teploty včetně doporučeného teplotního značení dle ČSN IEC 751 - čtyřvodičové (nahore) a čtyřvodičové s pomocnou smyčkou (dole)	9
Obr. 7 Konfigurace pinů v závislosti na typu použitého pouzdra čidla – TO-92 (DS18B20;	10
Obr. 8 Schéma velkého výzkumného polygonu (VVP)	12
Obr. 9 Rozmístění hlubinných vrtů MVP do dvou pomyslných spirál poblíž VĚC.....	13
Obr. 10 Rozmístění teplotních čidel jednotlivých hlubinných vrtů MVP	15
Obr. 11 Blokové schéma sběru dat na MVP - technologie hlubinných vrtů, programovatelný automat B&R X20 CP1484 s přídatnými I/O moduly a topologie datového připojení přes Ethernet a Internet	17
Obr. 12 Bernecker&Rainer X20CP1484.....	18
Obr. 13 Uspořádání řídicího systému - vlevo blokové schéma; vpravo hierarchické schéma	19
Obr. 14 Příklad zobrazení webové vizualizace při monitorovaných hodnot MVP včetně konfigurace	20
Obr. 15 OPC DataHubTM - propojení OPC Serverů a ODBC Databáze	21
Obr. 16 Fyzická komunikace mezi jednotlivými softwary systému.....	22
Obr. 17 Blokové schéma sběru dat na VVP	24
Obr. 18 Vlevo řídicí jednotka ICPDAS I-8KE8 ; vpravo zásuvný I/O modul I-87013.....	25
Obr. 19 Grafické znázornění analýzy příčin výpadků při měření a archivaci dat	41
Obr. 20 Znázornění způsobu indikace.....	36
Obr. 21 Inicializační část nastavení SMTP v B&R Automation StudioTM.....	37
Obr. 22 Příklad zaslaného emailu na reakci hodnoty proměnné	38
Obr. 23 Automation StudioTM - Nastavení OPC	39
Obr. 24 Nastavení lokace OPC mapy k přístupu dat pro PVI Manager	40
Obr. 25 Znázornění propojení a příjmu dat v OPC DataHubTM	40
Obr. 26 Znázornění propojení a příjmu dat v Bernecker OPC Monitor	41
Obr. 27 Nastavení spojení v OPC DataHubTM Configuration	42
Obr. 28 Nastavení inicializační části pro odesílání emailových zpráv	42
Obr. 29 Nastavení časového intervalu pro generování emailové zprávy	43
Obr. 30 Struktura editace obsahu emailové zprávy zaslané z OPC DataHubTM	43
Obr. 31 Náhled na příchozí emailovou zprávu zaslanou z OPC DataHubTM	44
Obr. 32 Konfigurace SMS zprávy v OPC DataHubTM.....	47
Obr. 33 Příklad reálné příchozí SMS na mobilní telefon (Vodafone) obsluhy v případě kritické situace	47
Obr. 34 Quad-band GSM MC75i EDGE Terminal	48
Obr. 35 Příklad AT příkazů (Hyper Terminal + MC75i EDGE).....	49
Obr. 36 Konfigurace pro vytvoření vizualizace v PLC	53
Obr. 37 Nastavení komunikačních parametrů pro vzdálenou vizualizaci	54
Obr. 38 Nastavení přístupových parametrů připojení ke vzdálené vizualizaci	54
Obr. 39 Rozčlenění lokální vizualizace do několika pracovních oken.....	55
Obr. 40 Defaultní okno při připojení do vizualizace	55

Obr. 41 Okno pro monitorování teplot ve vrtech	56
Obr. 42 Okno pro ovládání systému.....	57
Obr. 43 Servisní okno	58
Obr. 44 Okno grafického ovládání	59

Seznam tabulek

Tabulka 1 Třídy přesnosti čidla PT1000 dle katalogu SENSIT	7
Tabulka 2 Označení pinů podle typu pouzdra a jejich význam.....	10
Tabulka 3 Vzdálenosti mezi jednotlivými vrty a vrtem TC1 na MVP	13
Tabulka 4 Návrh datových typů.....	23
Tabulka 5 Příklady AT příkazů, které jsou vhodné pro práci s GSM modemem:.....	50
Tabulka 6 Příklad a vysvětlení obsahu zaslaného telegramu v PDU módu	51

1. Úvod

Tepelná čerpadla jsou dnes významnou alternativou získávání tepelné energie z obnovitelných zdrojů v době, kdy má na ceny energií vliv zvyšujících se cen fosilních paliv důsledkem ztenčujících se celosvětových zásob a politické situace ve světě.

Velké množství nízkopotenciální tepelné energie se nachází v zemi, vodě i ve vzduchu, přičemž teplotní hladina je tak malá, že pro účely přímého energetického využití by sama o sobě nevystačila. Využití takovéto energie dosáhneme použitím tepelných čerpadel, které dokážou tuto nízkopotenciální tepelnou energii převést na energii elektrickou, s níž již můžeme dále libovolně nakládat. V letních měsících lze tepelných čerpadel využít také ke klimatizaci objektu a získanou přebytečnou tepelnou energii poté naopak opět uložit pod vrstvy zeminy do horninových masivů k pozdějšímu využití.

K nejefektivnějším, ale zároveň finančně nejnáročnějším způsobům využití takovýchto tepelných čerpadel je možno dosáhnout v kombinaci s hloubkovými vrty, které se běžně hloubí až do hloubky 150 m.

Tepelné čerpadla můžeme definovat jako automatické zařízení, které dokáže vyrábět tepelnou energii z obnovitelného přírodního zdroje tepla za minimální provozní náklady. Výhodou tepelných čerpadel s hloubkovými vrty je bezesporu nulové zatížení životního prostředí v místě nasazení, jelikož neprodukují žádné spaliny ani jiné odpadní produkty.

V areálu společnosti Green Gas DPB, a.s. v Paskově je realizováno budování podzemního zásobníku tepla, který umožňuje dlouhodobé ukládání tepelné energie a následné využití této nasbírané energie například pro vytápění objektů areálu firmy.

Podle informací od firmy Green Gas DPB se jedná o experimentální zařízení, které je první svého druhu v České republice. Partnery tohoto projektu jsou kromě společnosti Green Gas DPB, a.s. také Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava a firma DHI, a.s. Realizace této spolupráce je vedena jako řešení v rámci projektu s označením TAČR TA01020932 „Využití tepelné energie zemské kůry pro zřizování obnovitelných zdrojů energie včetně ověření možnosti akumulace tepla“

Tato práce navazuje na předchozí výzkumy na vybudovaném pracovišti hloubkových vrtů v areálu VŠB-TU v Ostravě, ve kterém se nachází několik vrtů rozdělených do skupin – malý výzkumný polygon (MVP) a velký výzkumný polygon (VVP) a aplikované do projektu v Paskově. V každé skupině je vytvořeno několik vrtů, obsahujících tepelné čidla v několika úrovních hloubky vrtů. Každá skupina funguje jako samostatný celek, ve kterém probíhá měření, přičemž je část vrtů použita pro tepelná čerpadla (technické vrty) a část pro kontrolní monitorování vrtů (monitorovací vrty).

Cílem této bakalářské práce je vytvoření opatření pro indikaci poruchy, či výpadku měření v testovaném systému a následně vytvoření lokální vizualizace o stavu systému v PLC B&R X20 v areálu firmy Green Gas DPB v Paskově.

1.1 Struktura práce

Bakalářská práce je rozčleněna do 7 samostatných kapitol, ve kterých se bude podrobně pojednávat o problematice tohoto tématu práce a následné realizaci řešení této práce.

Struktura kapitol je rozdělena následovně:

1. *Úvod*
2. *Rozbor současného stavu měření teplot v geotermálních výměnících pro tepelná čerpadla, jejich přenosu na server a archivace*
3. *Rozbor příčin výpadků při archivaci měřených dat.*
4. *Návrh a realizace opatření pro indikaci výpadků měření.*
5. *Návrh a realizace lokální vizualizace.*
6. *Nasazení a testování systému.*
7. *Zhodnocení výsledků.*

2. Rozbor současného měření teplot v geotermálních výměnících pro TČ, přenosu a archivace dat

V areálu VŠB-TU Ostrava byly vybudovány výzkumné polygony (MVP, VVP) v rámci instalací tepelných čerpadel, jako zdroje nízkopotenciální tepelné energie typu země/voda, které slouží pro vytápění a klimatizaci budov Nové Auly a Centra informačních technologií (CIT).

2.1 Tepelné čerpadla

Tepelné čerpadlo je zařízení, které dokáže využívat nízkopotenciální teplo obsažené v okolním prostředí - vzduchu, vodě, půdě a využívat je pro vytápění a ohřev užitkové vody (TUV). Toto teplo patří do kategorie obnovitelných zdrojů energie. Primární medium - vzduch, spodní voda nebo nemrznoucí směs - solanka, která koluje v kolektorech uložených v povrchové vrstvě půdy nebo vrtu předává ve výparníku tepelného čerpadla své teplo chladivu. Chladivo je látka, která se odpařuje při nízkých teplotách a získáním tepla od primárního media přejde z kapalného do plynného stavu. V kompresoru je chladivo stlačeno a tím se dále zvýší jeho teplota. V kondenzátoru předá chladivo získané teplo teplonosnému (topnému) mediu - vodě pro vytápění nebo užitkové vodě a přejde opět do kapalného stavu. Po průchodu expanzním ventilem se vede chladivo zpět do výparníku a celý cyklus se opakuje. Nejjednodušeji se dá princip tepelného čerpadla přirovnat k obrácené chladničce. Chladnička odebírá teplo ze svého vnitřního prostoru a toto odebrané teplo uvolňuje do okolí. Tepelné čerpadlo teplo naopak odebírá z okolního prostředí (půdy, vzduchu, vody) a předává je do topného systému nebo do zásobníku užitkové vody. K získání 1 kWh tepelné energie z okolního prostředí potřebuje tepelné čerpadlo 0,25 až 0,3 kWh elektrické energie.

[1]

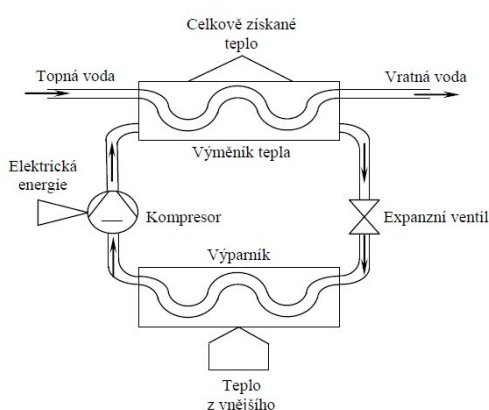
Jako zdroj tepla pro tepelné čerpadlo je možné využít vzduch, vodu a zemní teplo:

- Vzduch je nejdostupnějším zdrojem energie. Vzduchová tepelná čerpadla využívají sluneční energii naakumulovanou ve vzduchu. Toto řešení obvykle vyžaduje minimální stavební úpravy. Vzduchová tepelná čerpadla se dodávají ve dvou verzích - pro vnitřní nebo pro vnější instalaci. Při vnitřní instalaci (obvykle ve sklepě) je vzduch do objektu přiváděn izolovanými vzduchovými kanály. Při venkovní instalaci stojí tepelné čerpadlo uprostřed svého zdroje tepla. Vzduchové tepelné čerpadlo lze zjednodušeně přirovnat ke skříní, do které z jedné strany proudí teplý

vzduch a druhou stranou je vyfukován vzduch studený. Tepelná čerpadla pro venkovní instalaci mají odolný kryt a využívají se v případě, není-li v objektu dostatek místa pro instalaci. Takové tepelné čerpadlo lze postavit třeba i na větší balkon. Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch může účinně pracovat až do venkovní teploty $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. [1]

- V případě, že je zdrojem tepla voda, je možné získávat teplo pomocí výměníku z řeky nebo jiného vhodného zdroje s dostatečnou vydatností a tepelnou kapacitou. Velmi vhodným zdrojem je spodní voda pro svoji stálou celoroční teplotu. Nutné je vyvrtat dvě studny s hloubkou 10 až 15 metrů. Princip spočívá v přečerpávání vody z první studny (tzv. odčerpávající) přes výměník do druhé studny (tzv. vsakovací). U těchto studní musí být zajištěn dostatečný přísun spodní vody a její zpětné vsakování. Vše je potřeba vyzkoušet před započítím instalace. [1]
- Nejčastěji se energie pro tepelná čerpadla získává z půdy. Využívají se k tomu zemní kolektory, v kterých cirkuluje nemrzoucí směs, která na sebe váže okolní teplo. Rozlišujeme dva druhy pokládky kolektorů. Plošný kolektor a kolektor ve vrtu. U plošného kolektoru se jedná o trubku uloženou v zemi v hloubce 1,0—1,2 m pod úrovní terénu. Kolektor se zakládá na volném prostranství (zahrada) a jeho délka je závislá na výkonu tepelného čerpadla a tepelné ztrátě vytápěného objektu. Plošný kolektor je také možné uložit na dno vodní nádrže. Není-li dostatek místa pro instalaci plošného kolektoru, lze použít kolektor uložený ve svislém vrtu. Nevýhodou je větší finanční náročnost tohoto řešení. Naopak výhodou je větší účinnost tepelného čerpadla, protože v hloubce od 15 m je celoročně konstantní teplota $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z tohoto důvodu má kolektor pro stejný výkon uložený ve vrtu menší délku než plošný kolektor. [1]

V areálu VŠB-TU Ostrava je využito tepelných čerpadel pracujících právě na principu Země/Voda, tedy poslední výše zmíněný typ TČ.



Obr. 1 Princip funkce tepelného čerpadla

Zdroj: [1]

2.2 Měření teplot v geotermálních výměnících pro TČ

Před spuštěním provozu dlouhodobého měření teplot v systému vrtů areálu VŠB-TU Ostrava, bylo provedeno testovací měření teplotní odezvy horninového masivu (TRT), pro určení teplotních vlastností horninového masivu, zejména hodnoty tepelné vodivosti λ , tepelného odporu R_b ve vrtu a teploty neovlivněného horninového masivu T_{ug} , v místě, kde by se měl hloubkový vrt pro TČ realizovat. Tyto testovací měření proběhly na hloubkových vrtech v hloubce 140 m.

Nyní jsou v areálu VŠB-TU Ostrava provozovány dva výzkumné polygony a to Velký výzkumný polygon (VVP) a Malý výzkumný polygon (MVP). V rámci spolupráce na projektu, jejíž součástí je tato bakalářská práce, pro společnost Green Gas, a.s. se taktéž bude realizovat měření na tamním systému v lokalitě Paskov.

Pro dlouhodobé měření teplot v těchto lokalitách, jsou použity dva typy teplotních čidel, ze kterých jsou data vyčítána a dále zpracovávána řídicími jednotkami a to jak v areálu VŠB-TU Ostrava tak v lokalitě Paskov, která zatím není v provozu. Prvním typem teplotních čidel, který je pro měření použit, jsou platinové odporové snímače teploty PT100, jejichž popisem se zabýváme níže. Druhým typem použitých teplotních čidel jsou digitální čidla DALLAS DS18B20.

2.2.1 Platinové odporové snímače teploty PT1000

Pro realizaci dlouhodobého měření teplot v geotermálních výměnících pro TČ, je jedním z použitých typů teplotních snímačů právě platinový odporový snímač PT1000 A, kde A označuje třídu přesnosti a použití snímače do teploty +650 °C.

V současné době se platinové měřicí odpory dělí dle normy ČSN IEC 751 na dvě toleranční třídy s označením A a B. Norma se zabývá pouze platinovými snímači, jejich zkouškami, chybami měření a požadavky na tyto snímače

Norma ČSN 258340 specifikuje požadavky na průmyslové platinové odporové snímače teploty, jejichž odpor je definovanou funkcí teploty. Norma zahrnuje snímače teploty vhodné pro celý rozsah nebo část rozsahu teplot od -200 ° C až do +850 ° C se dvěma třídami tolerancí. Zabývá se hlavně zapouzdřenými prvky vhodnými k ponořování do media, jehož teplota se dá měřit. Rovněž jsou zde popsány způsoby zkoušení za účelem zjištění shody s touto normou a příslušné přístroje. [2]

Norma ČSN 258340 definuje platinový odporový snímač teploty jako zařízení citlivé na

teplotu, pozůstávající z teplotního odporového čidla uvnitř mechanického ochranného pouzdra, vnitřních vedení a vnějších svorek umožňujících připojení měřicího přístroje; mohou být přidány také připevňovací prostředky nebo přístrojové hlavice. [2]

Norma definuje následující polynomiální funkce mezi odporem R a Celsiovou teplotou ϑ , tedy dle [2]:

Pro teplotní rozsah od $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $0\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$R = f(\vartheta) = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot \vartheta + \beta \cdot \vartheta^2 + \gamma \cdot (\vartheta - 100) \cdot \vartheta^3] \quad (1)$$

Pro teplotní rozsah od $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+850\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$R = f(\vartheta) = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot \vartheta + \beta \cdot \vartheta^2] \quad (2)$$

Při

$$\alpha = 3,90802 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}]$$

$$\beta = -5,802 \cdot 10^{-7} [^{\circ}\text{C}^{-2}]$$

$$\gamma = -4,27350 \cdot 10^{-12} [^{\circ}\text{C}^{-4}]$$

[2]

Dle katalogového listu výrobce těchto odporových platinových snímačů teploty PT1000 je polynomiální funkce mezi odporem R a Celsiovou teplotou ϑ v jiném rozsahu teplot, tedy dle [3]:

Pro teplotní rozsah od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $0\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$R = f(\vartheta) = 1000 \cdot [1 + \alpha \cdot \vartheta + \beta \cdot \vartheta^2 + \gamma \cdot (\vartheta - 100) \cdot \vartheta^3] \quad (3)$$

Pro teplotní rozsah od $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$R = f(\vartheta) = 1000 \cdot [1 + \alpha \cdot \vartheta + \beta \cdot \vartheta^2] \quad (4)$$

Při

$$\alpha = 3,9083 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}]$$

$$\beta = -5,775 \cdot 10^{-7} [^{\circ}\text{C}^{-2}]$$

$$\gamma = -4,183 \cdot 10^{-12} [^{\circ}\text{C}^{-4}]$$

[3]

Standardní hodnota odporu snímače typu Pt100 je $100\text{ }\Omega$ (při teplotě 0°C); kromě tohoto typu existují také snímače typů Pt200, Pt500, Pt1000 a Pt2000, u nichž je však nutné hodnotu základního odporu vynásobit 10^{-2} (respektive podělit 100).

[2]

Tabulka 1 Třídy přesnosti čidla PT1000 dle katalogu SENSIT

Třídy přesnosti čidla

Čidla jsou vyráběna ve dvou základních třídách přesnosti, vyjádřenými těmito vztahy:

Třída A	$\Delta T = \pm (0,15 + 0,002 \cdot t)$ ve °C
Třída B	$\Delta T = \pm (0,30 + 0,005 \cdot t)$ ve °C

* $|t|$ je absolutní hodnota teploty

Teplota [°C]	Odpor [Ω]	Třída A		Třída B	
		ΔT [°C]	ΔR [Ω]	ΔT [°C]	ΔR [Ω]
-50	803,06	± 0,25	± 0,99	± 0,55	± 2,18
0	1000,0	± 0,15	± 0,59	± 0,30	± 1,17
100	1385,06	± 0,35	± 1,33	± 0,80	± 3,03
200	1758,56	± 0,55	± 2,02	± 1,30	± 4,78
400	2470,92	± 0,95	± 3,27	± 2,30	± 7,94

Zdroj: [3]

V případě dovolených odchylek (tolerancí) v °C u platinových čidel platí v závislosti na dané třídě přesnosti a zvoleném teplotním rozsahu následující relace, tedy: [2]

Pro třídu přesnosti typu A – použití do +650 °C:

$$\pm[0,15 + 0,002 \cdot |t|] \quad (5)$$

Pro třídu přesnosti typu B – použití do +850 °C:

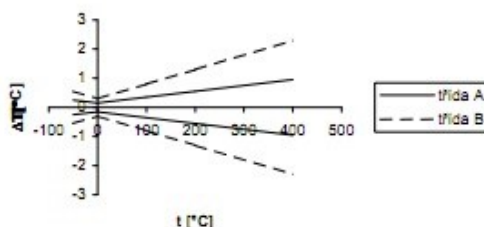
$$\pm[0,30 + 0,005 \cdot |t|] \quad (6)$$

kde

$|t|$ je absolutní hodnota Celsiovy teploty (bez ohledu na znaménko) [°C].

Hodnoty dovolených odchylek v °C platí také pro další hodnoty základního odporu, ale dovolené odchylky v Ω jsou vztaženy k hodnotě 100 Ω [2]

Toleranční pole



Obr. 2 Toleranční pole tříd přesností A a B čidla PT1000 dle katalogu SENSIT

Zdroj: [3]

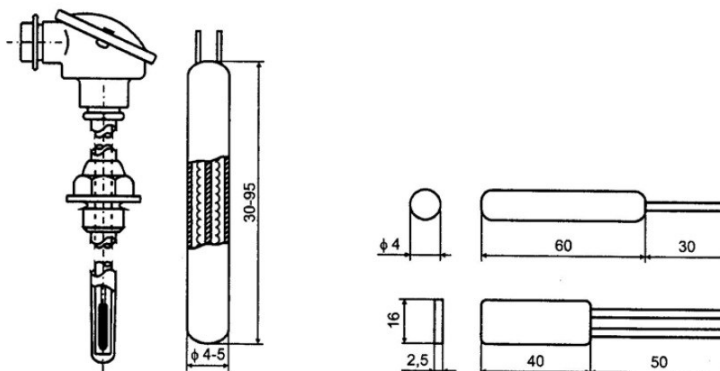
Měřicí odporové články, tvořící základní konstrukční část snímače, se vyrábějí těmito technologiemi, tedy: [2]

- Drátková technologie - v současné době nejčastější řešení.
- Tenkovrstvá technologie.
- Hrubovrstvá technologie.

Drátkový měřicí odpor je tvořen spirálově stočeným platinovým drátkem (průměr od 0,01 mm od 0,045 mm do 0,05 mm) zataveným do keramického anebo skleněného tělíska. Jejich celkové uspořádání představují hlavně keramické nebo ploché měřicí články, přičemž ty keramické se skládají z valečku buď s dvěma (tzv. jednoduché měřicí obvody), nebo čtyřmi (tzv. dvojité měřicí obvody) kanálky, v nichž jsou uloženy spirálky z platinového drátu, které jsou ke stěnám valečku upevněny pomocí skloviny s vysokým bodem tavení. Na jednom konci tohoto tělíska jsou spirálky přivařeny ke stříbrnému drátu (průměr např. 0,4 mm; zanedbatelný odpor přívodů) anebo k plochému drátu (0,7 mm x 0,1 mm), vyrobeného ze speciální slitiny (odpor přívodů je v tomto případě vyznačen na štítku měřicího článku) tvořící vývody. Na opačném konci tělíska jsou spirálky spojeny vodičem; jiná konfigurace může být realizována navinutým drátkem na pertinaxové nebo slídivé podložce. Aktivní plocha senzoru je pokryta skelnou vrstvou, jež chrání snímač proti mechanickému i chemickému poškození. [2]



Obr. 3 Příklad reálného odporového platinového snímače teploty PT1000



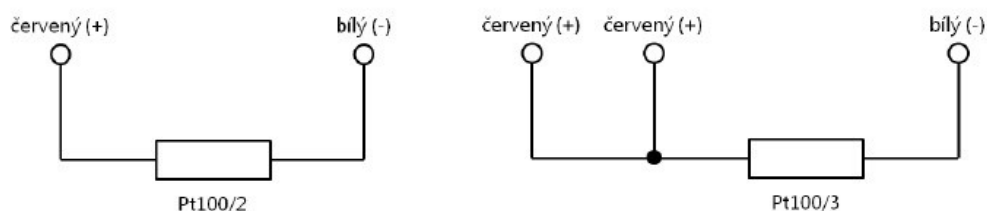
Obr. 4 Platinový odporový snímač teploty typu Pt100

Zdroj: [2]

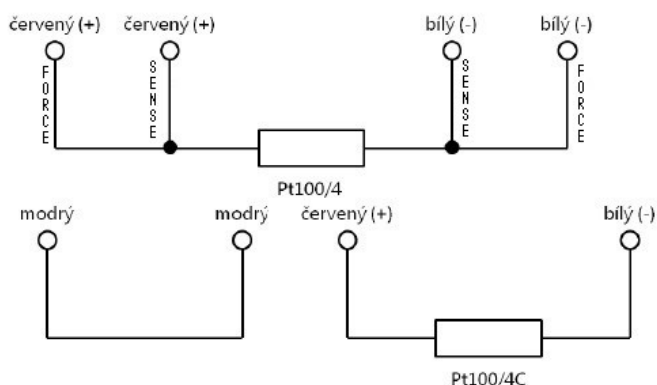
Z hlediska konfigurace zapojení norma ČSN IEC 751 rozlišuje tato uspořádání (včetně doporučeného barevného značení vodičů): [2]

- Dvouvodičové 2.
- Třívodičové 3.
- Čtyřvodičové 4.
- S pomocnou smyčkou 4C.

Schémat zapojení výše uvedených konfigurací jsou následující, tedy:



Obr. 5 Zapojení platinových odporových snímačů teploty včetně doporučeného teplotního značení dle ČSN IEC 751 - dvouvodičové (vlevo) a třívodičové (vpravo)



Obr. 6 Zapojení platinových odporových snímačů teploty včetně doporučeného teplotního značení dle ČSN IEC 751 - čtyřvodičové (nahore) a čtyřvodičové s pomocnou smyčkou (dole)

Zdroj Obr.6 + Obr.7: [2]

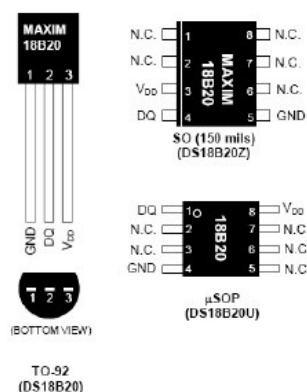
Měřicí obvody odporových snímačů teploty

Pro vyhodnocování teplotní změny se využívá nejčastěji zapojení s nevyváženými Wheastonovými můstky s měřícím odporem zapojeným do jedné větve odporového můstku. Způsob zapojení teplotního snímače k měřicímu obvodu je popsán výše, zopakujme, že se jedná o 2-Wire, 3-Wire a nejpřesnější 4-Wire, přičemž v tomto projektu jsou všechny snímače PT1000 pro získání nejvyšší přesnosti zapojeny způsobem 4-Wire (čtyřvodičově) na převodník ADA101W (typ 2.2.2) s RS 232, které je již připojeno způsobem jako 1-wire.

2.2.2 Digitální snímače teploty DALLAS DS18B20

Jedná se o digitální teplotní čidlo od výrobce Dallas Semiconductor, měřící hodnoty teplot v jednotkách °C. Jeho zvláštností je možnost napájení z datové linky (napětí v rozsahu od +3,0 V do + 5,5 V), díky které není potřeba dalšího externího zdroje napájení (parazitní napájení), což je výhodné zejména pro dálkové měření nebo pro měření v omezeném prostoru. V případě nutnosti je ale možné čidlo napájet třívodičově pomocí externího zdroje.

Čidlo ke komunikaci využívá sběrnici typu 1-Wire, která obsahuje pouze jednu datovou linku + zem, přičemž každé čidlo má svůj 64-ti bitový identifikační kód, kterým se odlišuje od ostatních čidel připojených na stejnou sběrnici. Výhodou tohoto čidla je možnost měření při 9-ti bitové nebo 12-ti bitové přesnosti a dále implementovaná funkce alarmu na stav signálu. Čidlo je schopno pracovat v teplotním rozsahu -55 °C až +125 °C, přičemž přesnost čidla je udávána $\pm 0,5$ °C v teplotním rozsahu - 10 °C až + 85 °C.



Obr. 7 Konfigurace pinů v závislosti na typu použitého pouzdra čidla – TO-92 (DS18B20);

Tabulka 2 Označení pinů podle typu pouzdra a jejich význam

Označení pinů a pouzder			Název	Funkce
SO	μSOP	TO-92		
1, 2, 6, 7, 8	2, 3, 5, 6, 7	-----	N. C.	Nezapojeno
3	8	3	V _{DD}	Svorka, která buď musí být spojena s GND čidla (parazitní napájení), nebo není s GND spojena (zemní svorka externího napájecího zdroje)
4	1	2	DQ	Datový vstup/výstup a pin pro rozhraní 1-Wire (typ otevřený kolektor s možností připojení pull-upu) zajišťující rovněž napájení čidla, je-li použit režim parazitního napájení
5	4	1	GND	Zem

Zdroj Obr. 9 + Tabulka 2: [2]

Při způsobu zapojení s parazitním napájením, tedy bez připojeného externího zdroje, je toto čidlo napájeno přes silný pull-upový rezistor standardně 4,7 kΩ využívající DQ pin. Napájení probíhá v případě, že je sběrnice aktivní tedy má signální hodnotu ve stavu „High“,

kdy se tímto signálem zároveň nabíjí vnitřní kapacitor sloužící k napájení snímače v případě, kdy je sběrnice neaktivní a signálová hodnota je ve stavu „Low“. V takovém případě si musí snímač vystačit pouze s napájením z nabitého kapacitoru do doby, než bude sběrnice opět aktivní ve stavu „High“.

Nedoporučuje se využití parazitního napájení při teplotách vyšších než +100 °C, kdy čidlo DS18B20 nemusí být schopno komunikovat vlivem vyšších zemních proudů. U aplikací, kde lze takové teploty očekávat, se jednoznačně doporučuje čidlo napájet externím zdrojem napětí.[2]

2.3 Velký výzkumný polygon – VVP

Cílem VVP je sledování změny teplot ve vrtech během topné popřípadě mimo topné sezóny a následné zkoumání rychlosti vyčerpání tepelného zdroje vrtů a jejich následné regenerace. Rozložení vrtů VVP je zobrazeno na Obr.11, viz. v příloze C.

Velký výzkumný polygon (VVP) je monitorován a řízen pomocí systému ICPDAS celkem na 15 vrtech, z čehož je 10 vrtů provozních a 5 vrtů speciálních. V těchto vrtech se monitoruje 80 teplotních údajů rozdělených podle typu vrtu na 60 a 20, které jsou měřeny pomocí teplotních odporových čidel Pt1000 v zapojení typu 4-Wire.

Tyto senzory jsou připojeny k 20 měřicím modulům zapojených do ICPDAS, přičemž lze připojit až 4 senzory na každý 1 měřicí modul. Z měřicích modulů se dále tvoří skupiny každá obsahující 8 měřicích modulů - tzv. měřicí jednotky, přičemž na celý VVP připadají 3 měřicí jednotky (2 plně obsazené a 1 neúplně obsazená).

Teploty se měří pomocí čtyřkanálových RTD vstupních modulů a tyto nízko-úrovňové signály z analogových čidel se pomocí 16-ti bitových A/D převodníků konvertují na číslicový signál, určený pro další zpracování. [2]

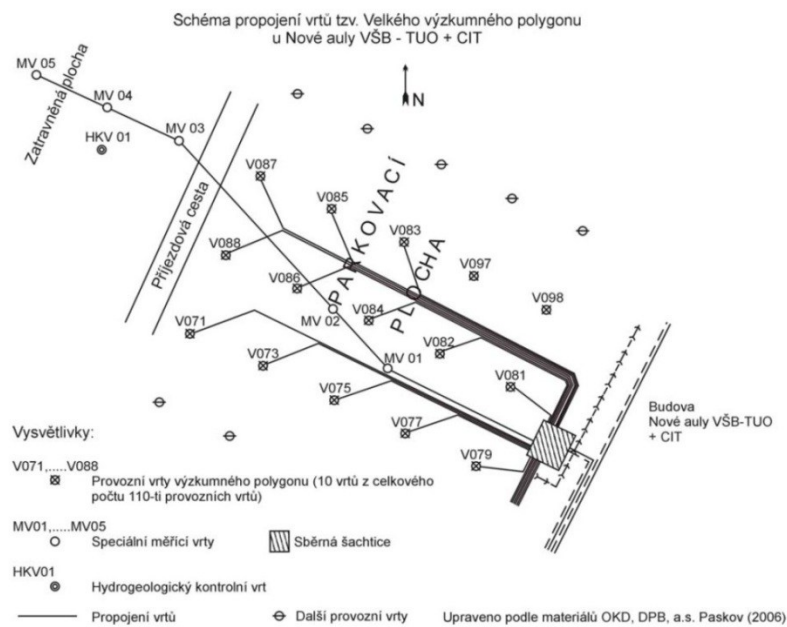
Tato data jsou posléze přenášena po Ethernetu z šachtice do strojovny tepelných čerpadel v budově Nové auly, kde se nachází osobní počítač (PC) s lokální vizualizační aplikací, vytvořenou pomocí HMI/SCADA vývojového prostředí Microsys Promotic. Propojení mezi PC a vzdálenými zařízeními zajišťuje OPC komunikace.

Teploty jsou měřeny v určitých časových intervalech, pohybujících se v rozsahu od 10 sekund do 1 dne. Protože jsou teplotní změny v horninovém masívu pomalé, bude proces jejich měření relativně pomalý, a tudíž měřicí systém nemusí být hard real-time systémem. V tomto případě je kombinace osobního počítače (PC) a vzdálených vstupů/výstupů (I/O) dostačující. [2]

Do každého vrtu VVP byly zavedeny 4 čidla na výstupní pozici v hloubkách 20 m, 50 m, 100 m, a 140 m a také 2 čidla na vstupní pozici v hloubkách 20 m a 100 m do kolektorů energeticky využitých vrtů ve dvou souběžných řadách (na Obr. 1 označeno žlutě, dále na Obr. 11, nebo viz. **Příloha B**)

- V071, V073, V075, V077, V079
- V081, V082, V084, V086, V088

[2]



Obr. 8 Schéma velkého výzkumného polygonu (VVP)

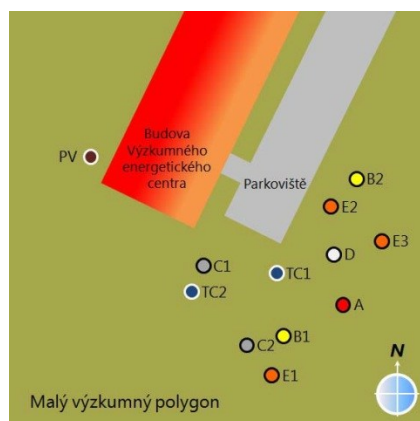
Zdroj: [2], viz. **Příloha B**

Spolu s energeticky využitých vrtů je na velkém polygonu vytvořeno také dalších 5 speciálních vrtů – MV01, MV02, MV03, MV04, MV05 na Obr. 1 označeno červeně v oblasti VVP, na Obr. 12 v levé části. Tyto vrtů slouží pro měření tepelných hodnot z dostatečné vzdálenosti od energetických vrtů a obsahují 4 teplotní čidla umístěna v hloubkách 20 m, 50m, 100 m a 140 m.

2.4 Malý výzkumný polygon - MVP

Cílem MVP je analýza chování horninových masivů a jejich tepelných parametrů v okolí vrtů s tepelnými čerpadly, jejichž provoz a následný odběr tepla ze z masivů ovlivňuje změnu teplot samotných hornin , viz. **Příloha D**.

Systém obsahuje 9 hlubinných vrtů o celkové odvrtové délce 1277 m, které jsou rozmístěny kolem budovy Vědecko-energetického centra – VEC (Obr. 1 a 13).



Obr. 9 Rozmístění hlubinných vrtů MVP do dvou pomyslných spirál poblíž VĚC

Tabulka 3 Vzdálenosti mezi jednotlivými vrty a vrtem TC1 na MVP

Trasa	Vzdálenost	Jednotka
TC1 – C2	12	m
TC1 – E1	16	m
TC1 – B1	10	m
TC1 – A	12	m
TC1 – D	10	m
TC1 – E3	18	m
TC1 – B2	20	m
TC1 – E2	14	m
TC1 – TC2	13	m
TC1 – C1	11	m
TC2 – C1	5	m

Zdroj: [2], viz. Příloha B

V systému MVP je hlavním zprostředkovatelem zpracování naměřených dat ze snímačů PLC B&R-X20. PLC měří data z následujících snímačů:

- Teplotní čidla - odporové měření teploty z monitorovaných hlubinných vrtů (na MVP) a z okruhu topné vody (typ SENSIT TR026B-37; Pt1000/A).
- Tlaková čidla - měření přetlaků (typy Siemens QBE9101-P10U a Siemens QBE9101-P60U) a diferenčních tlaků (typy Siemens QBE63-DP05 a Siemens SITRANS P D-76181).
- Průtokoměry - měření více neelektrických veličin (např. hmotnostní průtok, hustota, teplota, objemový průtok a celková hmotnost chladiva v okruhu topné vody) pomocí 3 senzorů (typ Siemens SITRANS MASS 2100 DI 25) ve spolupráci se 3 vysílači sběrnice PROFIBUS DP (Siemens MASS 6000 IP67 Compact).
- Měřiče výkonu - měření elektrického příkonu tepelných čerpadel na MVP (třífázová soustava, čtyřvodičové připojení a nesymetrická zátěž) pomocí 2 měřicích převodníků elektrické energie s proudovým výstupem (typ WEIGEL VUW 2.2)

[2]

Většina použitých senzorů obsahuje lineární proudové výstupy (od + 4 mA do + 20 mA – obecně se jedná o tlaková čidla a měřiče výkonu) a napěťové výstupy (od 0 V do + 10 V – obecně se jedná o tlaková čidla). Jelikož jsou tyto výstupní hodnoty různých veličin je potřeba je následně přepočítat pomocí konverzních lineárních rovnic v závislosti na rozsahu veličiny. Tyto elektrické a neelektrické veličiny potřebné pro výpočet topného faktoru tepelného čerpadla jsou uvedeny v tabulce v příloze A (Přílohy Tabulka 1).[2]

Hodnotu externího topného faktoru daného tepelného čerpadla (typ IVT Greenline E11 Plus) lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$\varepsilon_T \Rightarrow \frac{Q_{HT[W]}}{A_{[W]}} = \frac{P_{HT}}{P_{\acute{E}L}} = \frac{M_{HW} \cdot c_{HW} \cdot [\vartheta_{C(O)} - \vartheta_{C(I)}]}{P_{EL}} = \frac{M_{HW} \cdot c_{HW} \cdot [T_{C(O)} - T_{C(I)}]}{P_{EL}} \quad (7)$$

Kde

$P_{HT} = Q_{HT[W]}$	topný výkon	[W]
$P_{EL} = A_{[W]}$	elektrický příkon tepelného čerpadla	[W]
M_{HW}	hmotnostní průtok topné vody	[kg · s ⁻¹]
c_{HW}	měrná tepelná kapacita topné vody	[J · kg ⁻¹ · °C ⁻¹]
$\vartheta_{C(O)}$	Celsiova teplota na výstupu kondenzátoru TČ	[°C]
$\vartheta_{C(I)}$	Celsiova teplota na vstupu kondenzátoru TČ	[°C]
$T_{C(I)}$	termodynam. teplota na vstupu do kondenzátoru TČ	[K]
$T_{C(I)}$	termodynam. na vstupu do kondenzátoru TČ	[K]

Výrobce těchto kompresorových tepelných čerpadel udává hodnoty topných faktorů v závislosti na daných teplotních spadech dle normy ČSN EN 255 (14 3015): Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory - Režim ohřívání [2, 4]:

- Teplotní spád 0 ° C/35 ° C topný faktor 5,023.
- Teplotní spád 0 ° C/50 ° C topný faktor 3,483.

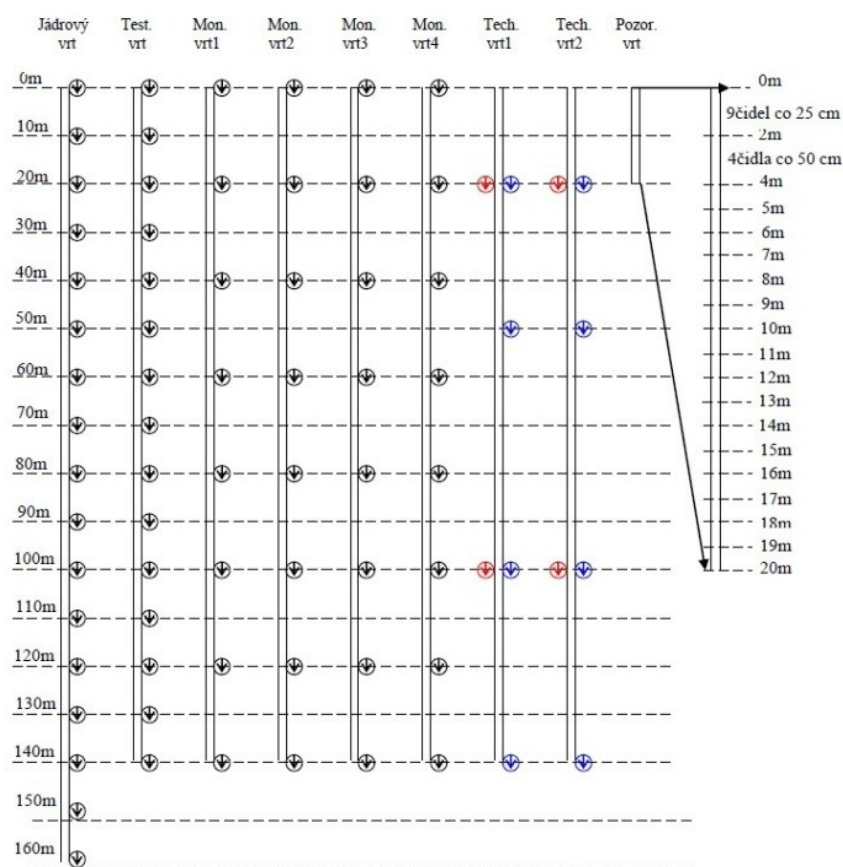
Rozvržení hlubinných vrtů je realizováno do spirály, aby každý hlubinný vrt měl jinou vzdálenost od měřicí soustavy a tímto způsobem bylo možné pozorovat vzniklé ztráty na vedení. Dále jsou pak uvedeny jednotlivé charakteristiky hlubinných vrtů: [1, 2]

- Pozorovací vrt - jednotlivé čidla jsou rozmístěna velice blízko sebe, slouží k detailnímu snímání povrchových teplot, do 2m v rozmezí 25cm, od 2m v rozmezí 50cm a dále co 1 metr jedno čidlo až do hloubky 20m.
- Technologický vrt - systém obsahuje dva tyto vrty, slouží k ohřevu přiváděné studené vody pomocí speciálního vedení, ve kterém proudí voda do tepelného čerpadla. Celková hloubka vrtu je 140m. Tyto vrty mají dva druhy čidel, jeden typ čidel slouží ke snímání studené vody a naopak druhý typ čidel slouží ke snímání ohřáté vody. Rozmístění těchto snímačů je zobrazeno na Obr. 14.

- Monitorovací vrt - systém obsahuje 4 tyto vrty, slouží k monitorování teplot do hloubky 140m, v rozmezí 20m.
- Testovací vrt - tento vrt je vyhlouben do stejné hloubky jako monitorovací (140m), ale rozvržení čidel je dvojnásobné, tedy co 10m.
- Jádrový vrt - u tohoto vrtu se měří teploty až v hloubce 160m, přičemž čidla jsou rozmístěna co 10m.

[1, 2]

Ideové schéma zapojení tepelných čerpadel na MVP včetně umístění průtokoměrů a teplotních čidel je zobrazeno v příloze C (Příloha Obr. 5).



Obr. 10 Rozmístění teplotních čidel jednotlivých hlubinných vrtů MVP

Zdroj: [2], viz. Příloha B

2.5 Výzkumný polygon v areálu Green Gas DPB

Společnost Green Gas DPB, a.s., v současné době buduje první zařízení tohoto typu v České republice. Do podzemního zásobníku o celkovém objemu více než 6000 m³ bude ukládáno odpadní teplo produkované kogenerační jednotkou. Tento projekt přirozeně navazuje na stávající aktivity firmy Green Gas DPB, a.s.

Systém měřícího polygonu podzemního zásobníku tepla firmy Green Gass DPB, a.s. v Paskově, obsahuje soubor 21 hloubkových vrtů, z nichž se jedná o 16 energetických a 5 monitorovacích vrtů. Energetické vrtý (V) rozvržené do čtverce (4x4 vrtý) jsou realizovány o vrtné hloubce 60 m. Monitorovací vrtý (VM) jsou rozmístěny okolo zásobníků energie, o vrtné hloubce 15 m (VM1, VM2, VM4, VM5) s umístěním měřících teplotních čidel v hloubce 2, 6, 15 m, popřípadě o vrtné hloubce 80 m (VM3) a umístěním měřících teplotních čidel v hloubce 2, 6, 15, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m.

Energetické vrtý jsou připojeny ke dvěma okruhům – pro vytápění a naopak pro chlazení. Vytápění energetických vrtů tepelným okruhem je řešeno zapomocí plynové kogenerační jednotky ohřívající cyklující teplotnosné médium, které je po odeslání a uložení tepelné energie do horninového masivu následně chlazeno v chladícím okruhu.

Cílem tohoto systému je řízení nabíjení a vybíjení zásobníku uchovávajícího tepelnou energii v horninovém masivu, realizace měření hodnot uchovávané, přijímané popřípadě odebírané energie v zásobníku horninového masivu a zároveň měření probíhajících teplotních změn v jednotlivých monitorovacích a energetických vrtech.

Naměřená data se dále archivují na databázovém systému připojeném pomocí serveru k těmto vyhodnoceným datům z řídicí jednotky PLC přes vzdálenou OPC komunikaci.

Součástí tohoto systému je realizován řídicí a vizualizační systém pro ovládání a řízení stavů systému polygonu v areálu Green Gas DPB Paskov, a.s.

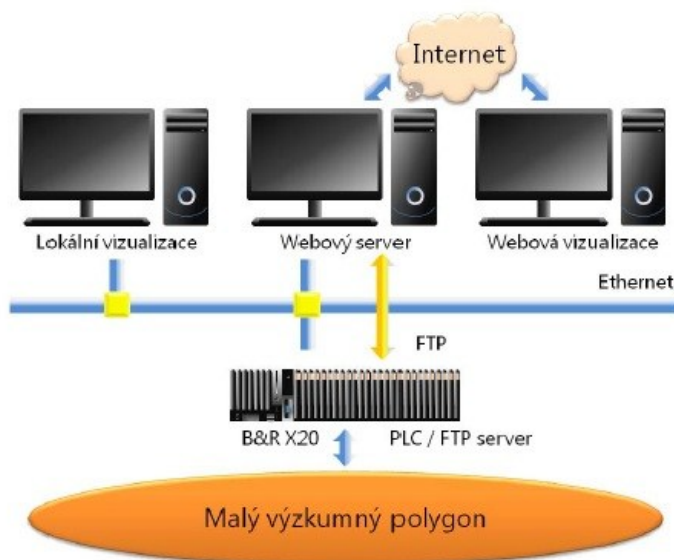
2.6 Přenos dat na server a archivace

2.6.1 Přenos dat na server a jejich archivace v MVP

Do pozorovacího vrtu MVP jsou instalovány dva typy teplotních čidel (analogové Pt1000 a digitální Dallas DS18B20; tyto snímače byly rozebrány v kapitolách 2.2.1 a 2.2.2), které jsou připojeny pomocí I/O modulů k PLC B&R X20, zpracovávající naměřené hodnoty, jejich korekci a další matematické operace včetně archivace dat. Z PLC, které ukládá naměřená data do vlastního paměťového modulu typu CF (Compact Flash), kde se ukládají do souborového formátu .CSV, v němž jsou zapsány veškeré informace o dění v MVP (viz. dále), a jsou zároveň přístupná pomocí vzdáleného FTP serveru který obsahuje

PLC X20. Data jsou posílána přes OPC server pomocí ODBC do databáze MS SQL (Microsoft SQL), kde jsou následně archivována.

OPC server je realizován pomocí PVI Runtime, jenž je součástí softwaru Automation StudioTM od firmy B&R. Přístup pomocí ODBC do databáze, je součástí programu OPC DataHubTM, který je k tomuto účelu použit. Databází, která je v řetězci použita pro archivaci dat, je relační analytický databázový systém Microsoft SQL Server 2008. Z těchto dat dále vychází webová a lokální vizualizace sloužící pro vzdálený přístup do systému.



Obr. 11 Blokové schéma sběru dat na MVP - technologie hlubinných vrtů, programovatelný automat B&R X20 CP1484 s přídatnými I/O moduly a topologie datového připojení přes Ethernet a Internet

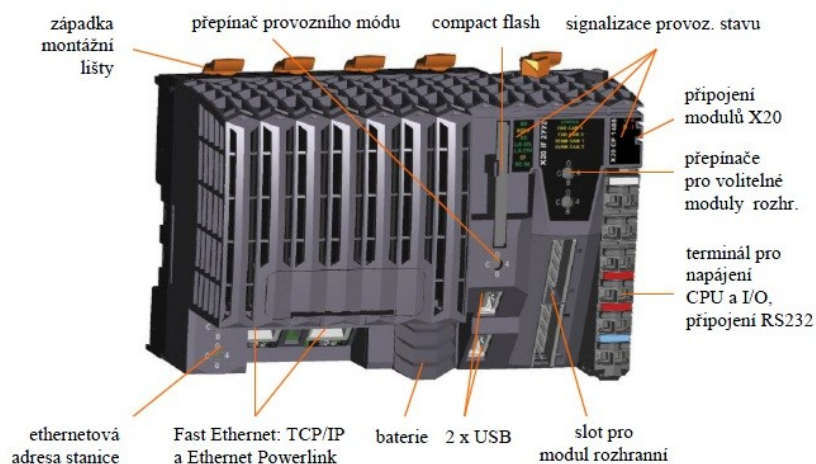
Zdroj: [2]

PLC Bernecker&Rainer B&R X20

PLC je zde použito z důvodu potřeby nepřetržitého provozu měření a monitorování teplotních údajů z čidel, přičemž je z tohoto hlediska PLC oproti vizualizačním PC (VVP) méně náchylné k odstávce systému či případné chyby, která by vedla k nemožnosti data měřit. Data jsou získávána z teplotních snímačů připojených do I/O modulů PLC B&R X20, ukládána na FTP server do formátu .CSV (Zapsaná data - naměřená data spolu s časem měření, identifikací jednotlivých vrtů a hloubkových úrovní) a dále v reakci na požadavek vysílána do vizualizace. Data jsou zároveň posílána do softwaru OPC DataHubTM.

V případě PLC B&R se jedná o modelovou řadu X20 konkrétně X20CP1484, k němuž jsou na komunikační sběrnici X2X Link (viz. Příloha E) typu Sandwich zasunuty zásuvné moduly typu X20AT4222 (viz. Příloha E) sloužící pro vyčítání naměřených dat z teplotních

snímačů Pt1000. Obsahuje také konektory pro připojení Ethernetu pomocí TCP/IP (10/100 Mb·s⁻¹) a Ethernet Powerlink, rozhraní pro komunikaci s RS-232 a 2×USB port.



Obr. 12 Bernecker&Rainer X20CP1484

Zdroj: [1]

Tento model byl vybrán pro svoji vysokou modulárnost a možnost jednoduchého rozšíření dalšími moduly a velkým množstvím pracovní paměti vhodné pro řešení náročných a složitých aplikací.

V kapitole 2.4 je zmíněno, které hodnoty jsou PLC X20 měřeny a dále zpracovávány.

Základní technické údaje:

- Procesor Intel Celeron 266 MHz.
- 32 MB paměti DRAM, 1 MB paměti SRAM, aplikační paměť CF.
- 1 slot pro moduly X20IF.
- 2 USB rozhraní a 1 RS232 rozhraní.
- 1 rozhraní Ethernet 10/100 Base-T, 1 ETHERNET Powerlink (podpora profilu ETHERNET Powerlink).
- Čas nejrychlejšího tasku – 800 μs.

Přídavné moduly X20AT4222

Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o rozšiřující modul určený pro měření teplot z připojených teplotních čidel Pt100 nebo Pt1000. Každý tento modul je schopen obsluhovat 4 teplotní čidla na 4 vstupech, jimiž disponuje. Měření teploty se realizuje pomocí proudové 250 μA smyčky na odporovém teplotním čidle- Tato analogová hodnota se dále transmutuje prostřednictvím 16-bitových A/D převodníků na digitální signál o velikosti rovné hodnotě

naměřené teploty. Schéma připojení odporového teplotního čidla a zapojení vstupních částí modulu je zobrazeno v příloze D (Příloha Obr. 8).

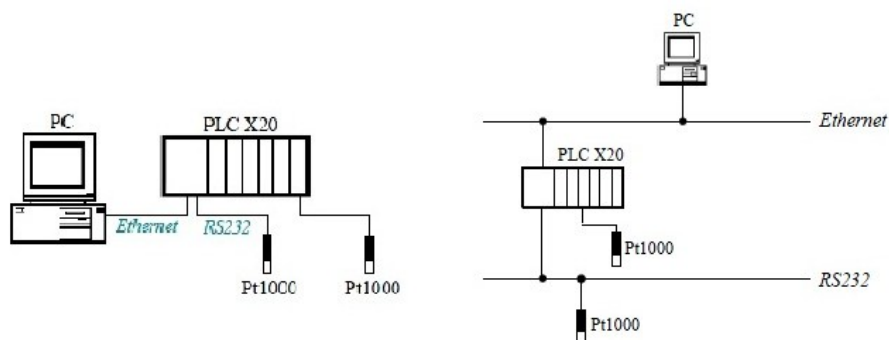
Část odporových teplotních senzorů Pt1000 disponuje digitálním výstupem s připojením na RS-232 a jejich hodnoty jsou přímo zpracovávány procesorovou jednotkou X20CP1484.

Moduly digitálních vstupů X20DI6372 a X20DO6322 výstupů

Každý modul disponuje 6 digitálními vstupy/výstupy v klasickém 2-vodičovém zapojení. Digitální vstupy modulu X20DI6372 jsou určeny pro řídicí signály o napětových úrovních 0 a 24 V. Digitální výstupy modulu X20DO6322 jsou určeny pro napětové logické úrovně taktéž 0 a 24 V, přičemž maximální zatěžovací proud daného digitálního výstupu může dosahovat hodnoty do 0,5 A. [2]

Uspořádání řídicího systému

Součástí řídicího systému je také PC, které obsahuje vizualizaci řídicího systému v prostředí Promotic, díky níž má uživatel představu o aktuálním stavu celého systému, včetně možnosti dalšího ovládání a konfigurace systému. PLC X20 komunikuje s PC pomocí Ethernetu.



Obr. 13 Uspořádání řídicího systému - vlevo blokové schéma; vpravo hierarchické schéma

Zdroj: [1]

Každý složitější řídicí systém je logicky rozčleněn do několika vrstev, které se liší rozdílnou oblastí řízení. Na nejnižší vrstvě (vrstva přímého řízení) se nachází odporová čidla Pt1000, která komunikují s hlavním PLC pomocí komunikační sběrnice RS232. PLC X20 komunikuje s nadřazenou vrstvou (HMI/SCADA) prostřednictvím komunikační sběrnice Ethernet. V této vrstvě se nachází již zmiňovaný osobní počítač s příslušným vizualizačním prostředím.[2]

Vizualizace MVP

Pro vzdálenou správu celého systému MVP jsou v provozu dva druhy vizualizací a to

- Lokální vizualizací prostřednictvím systému Promotic na osobním PC k tomu určenému
- Webovou vizualizací prostřednictvím webové aplikace na serveru 158.196.133.119/vrty – vizualizace je řešena jak pro MVP tak pro VVP (Vizualizace jsou na obou stránkách velice podobné, rozdíl je pouze v konečné interpretaci výsledků)
- V rámci řešení projektu „Výzkum teplotních změn horninového masivu (ochlazování - oteplování) při aplikaci tepelných čerpadel v lokalitě Nove auly + CIT VŠB-TU Ostrava “ byla navržena a uvedena do online provozu první verze webové aplikace na stránce <http://trt.vsb.cz> [2]

vyberte vrt MVP:

A

Soubor ke stažení:

☒ vzorek/hod

Zadejte počáteční datum

únor 2011						
po	út	st	čt	pá	so	ne
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13

Zadejte konečné datum

únor 2011						
po	út	st	čt	pá	so	ne
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13

☒ A_10m

☒ A_110m

☒ A_20m

☒ A_120m

☒ A_30m

☒ A_130m

☒ A_40m

☒ A_140m

☒ A_50m

☒ A_150m

☒ A_60m

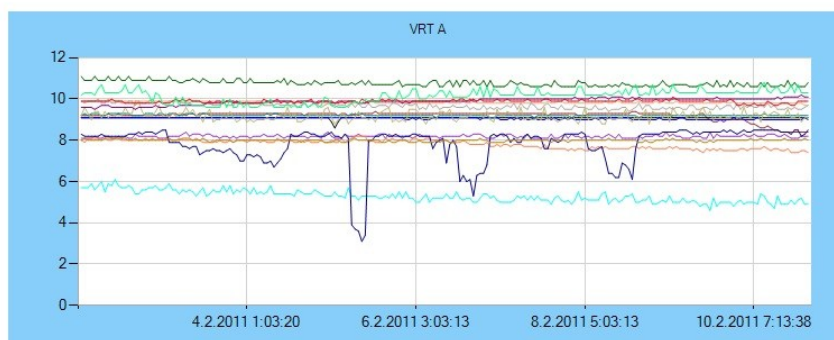
☒ A_160m

☒ A_70m

☒ A_80m

☒ A_90m

☒ A_100m



Obr. 14 Příklad zobrazení webové vizualizace při monitorovaných hodnot MVP včetně konfigurace

Zdroj:[2], viz. Příloha E

Základem této webové aplikace pro vzdálenou vizualizaci MVP, respektive webových stránek tvoří dynamicky vytvořená HTML stránka v programovacím jazyce PHP. Principem funkce kódu této stránky je načtení datového .CSV souboru s názvem „temperatures.csv“, ve kterém jsou uložena naměřená data spolu s časem měření, identifikaci jednotlivých vrtů a hloubkových úrovní. Po načtení souboru jsou data rozdělena podle jednotlivých vrtů a parametrů zkušební tepelného čerpadla a následně vypisována v příslušných tabulkových sloupcích. Samotný kód stránky je doplněn také o bezpečnostní prvky, např. kontrola samotného datového souboru.[2]

Ukládání naměřených dat z MVP je řešeno na FTP server se vzdáleným přístupem. Na tento server se ukládá již výše zmíněný datový soubor .CSV obsahující všechny potřebné informace a podrobnosti o dění v MVP.

OPC Server - PVI Runtime AS

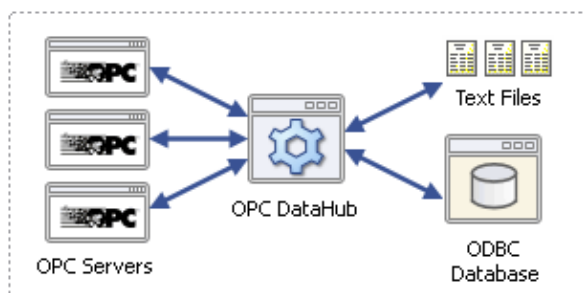
Zjednodušeně lze říci, že aplikace je naprogramována v B&R Automation Studiu a pomocí B&R Automation Net přenesena na B&R Automation Runtime (ve smyslu operačního systému cílového systému, tedy PCCSW u PLC, Automation Runtime u softPLC, popř. operačního systému Acopos). Automation Runtime je chápán jako vrstva, která obaluje konkrétní cílový systém a zajišťuje jednotné rozhraní směrem navenek. Potom je zřejmé, že změna cílového systému neznamená změnu zdrojového kódu aplikace.[6]

Bránu do světa Windows v síti Automation Net zajišťuje tzv. Process Visualization Interface (PVI), které podporuje například sériovou linku, sběrnici CAN, Ethernet, Profibus, RAM v PC, přeneseně i internet, vytáčeném modemu a stará se o sběr dat a jejich poskytování aplikacím Windows přes standardní rozhraní OPC a DDE, ve formátu HTML (Web server) nebo přímo voláním funkcí z DLL. PVI mohou využívat programy SCADA i jiné aplikace Windows.[6]

OPC DataHubTM

Jedná se o software od společnosti Cognet Real-Time Systems pro zjednodušení přenosu dat v systému usnadnění konfigurace a tím také úspory času. Software má v sobě implementován OPC server/klient, díky čemuž lze buď:

- v režimu „server“ komunikovat s protokolem PLC například pomocí MPI, čímž získává data, které dále přeposílá ve formátu OPC nadřazeným aplikacím
- nebo (a zároveň) v režimu „klient“ přijímat data z OPC serveru a dále je poskytnout dalším HMI/SCADA aplikacím pro monitorování nebo vizualizaci těchto dat



Obr. 15 OPC DataHubTM - propojení OPC Serverů a ODBC Databáze

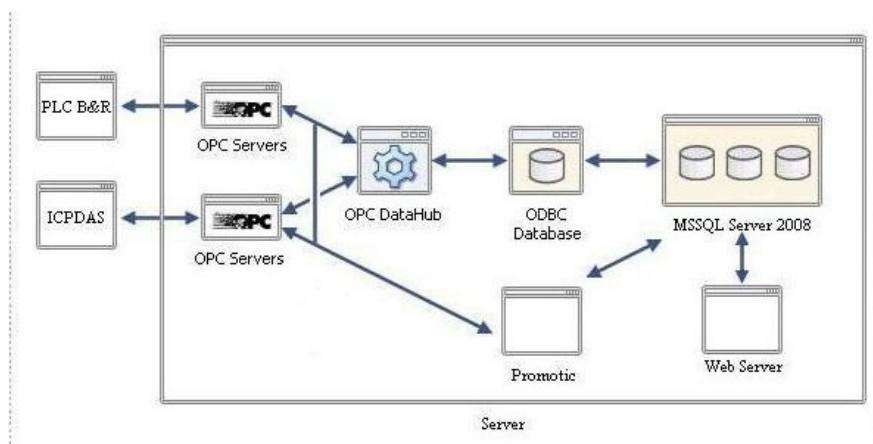
Zdroj: [14]

OPC klient softwaru OPC DataHub™ dokáže realizovat například funkci webové vizualizace, posílání emailových zpráv či SMS v reakci na nastavenou událost, čímž vykonává dálkovou službu zjednodušeného alarmu. Jak je vidět na obrázku výše, umožňuje taktéž přenášet data mezi jednotlivými servery, které jsou k němu připojeny, pomocí funkce OPC Tunneling, popřípadě s těmito provádět různou matematickou operaci s těmito daty.

MS SQL Server 2008 Express

Jedná se o databázový systém pro archivaci dat od společnosti Microsoft. MS SQL je použit pro konečnou archivaci naměřených dat u obou polygonů, tudíž data v databázi jsou přiváděna jak z OPC DataHub™ (MVP), tak také z MS Acces (VVP).

Správa MS SQL se provádí pomocí nástroje SQL Server Management Studio Express. Jelikož je tento systém ve verzi Express znamená to, že je tento systém zdarma avšak pouze s maximální datovou kapacitou 4 GB, což pro obsluhu a archivaci dat z obou polygonů dostatečně vyhovuje, jelikož průměrné roční datové zatížení naměřených hodnot jednoho polygonu (MVP – je zde měřeno více hodnot) je cca 60 MB.



Obr. 16 Fyzická komunikace mezi jednotlivými softwary systému

Zdroj: [5]

Lze říci, že databázové systémy jsou uspořádané množiny dat do tabulek, které mají možnost vzájemné reference. Důležitá je struktura těchto tabulek v databázi.

Každý řádek v tabulce je pojmenován jako datový záznam charakterizovaný datovým typem. Zpravidla se definují datové typy pro každý sloupec v tabulce. Níže je znázorněn návrh definice tabulky z MVP, na němž je patrna struktura tabulky a příslušných datových typů.[5]

Tabulka 4 Návrh datových typů

Jméno sloupce	Datový typ	Povolit NULL
čas	Datetime	✓
TC1_20T_m	Int	✓
TC1_100T_m	Int	✓
TC1_20S_m	Int	✓
TC1_100S_m	Int	✓
TC1_140S_m	Int	✓

Zdroj: [5]

Jak je vidět z tabulky, jméno sloupce „čas“ je označeno datovým typem „Datetime“. Záznamy tohoto typu, přidávané do databáze, přesně definují veškeré hodnoty času od roků po vteřiny. Pro další položky ve sloupci jméno sloupce je možnost výběru datového typu INT, nebo REAL – sloupce datový typ. Oba datové typy mají stejnou velikost s tím rozdílem, že typ zápisu REAL ukládá hodnotu v desetinném vyjádření. Tyto hodnoty budou představovat měřené hodnoty teplot, tlaků aj. Hodnoty MVP z OPC serveru přichází ve formě celočíselné hodnoty. Poslední sloupec v tabulce „povolení NULL“ umožňuje v záznamech zobrazení kromě hodnot v celočíselném tvaru i neznámých hodnot NULL (představuje neznámou hodnotu). Takováto hodnota usnadní rozpoznání chyby v měření některé z části systému při poruše.[5]

- Datetime 8bajtů (YYYY-MM-DD HH:MM:SS)
- Int 4bajty (-2 147 483 648 až 2 147 483 647)
- Real 4bajty (1E-37 až 1E+37)

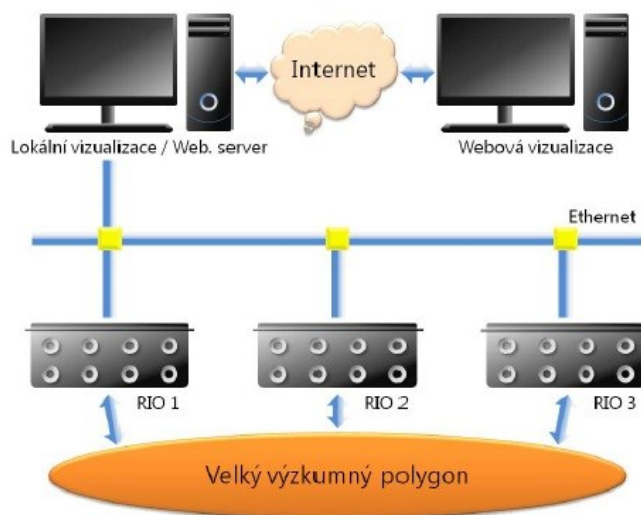
Všeobecně tabulky ve většině případů obsahují data v náhodném pořadí. Časový návrh ukládání záznamu je navržen v periodickém úseku po pěti minutách. Takto uložená data vykazují určitou časovou posloupnost záznamů, které jsou řazeny za sebou podle hodnoty času. Pro vhodné zpracování dat jako je výběr určitého časového úseku (týdne, dne, hodin), je třeba vytvořit dotaz. Ve výsledku se vytvoří opět tabulka uložena v operační paměti. Pro vytvoření dotazu se používá instrukce SQL příkazů.[5]

2.6.2 Přenos dat na server a jejich archivace ve VVP

Na velkém výzkumném polygonu (VVP) se provádí měření pomocí systému na bázi PAC (Programmable Automation Controller) od firmy ICPDAS. Tento systém celkově monitoruje údaje v 15 vrtech (10 provozních a 5 monitorovacích – více podrobností uvedeno v kapitole 2.3) což představuje 80 teplotních údajů (60 a 20), měřených pomocí teplotních odporových čidel Pt1000 zapojených čtyřvodičově na vzdálené vstupy a výstupy svorek měřicích modulů, přičemž na každý z 20 těchto modulů lze připojit až 4 teplotní senzory. Moduly jsou dále sloučeny do tzv. měřicích jednotek obsahujících 8 měřicích modulů. Na VVP se tedy nacházejí 3 měřicí jednotky - 2 plně obsazené jednotky a 1 polovičně obsazená

jednotka. Hodnoty teplot jsou měřeny z analogových čidel pomocí čtyřkanálových RTD vstupních modulů systému ICPDAS. Tento signál je dále převeden pomocí 16-bitových A/D převodníku na digitální signál. Teploty jsou měřeny v určitých časových intervalech v rozsahu od 10 s do 1 dne, což při předpokladu že změny v horninovém masívu jsou pomalé, není kladen důraz na rychlé a přesné časové měření dat v hard real-time, ale stačí použití kombinace PC a vzdálených I/O.

Přesnost modulů je uspokojivá v porovnání s použitým typem senzorů a délkou kabelů, která je v tomto případě hraniční pro možnost korektní komunikace. Naměřená data jsou přenášena přes Ethernet z ICPDAS do PC v Nové Aule, který obsahuje lokální vizualizaci v Promotic. Vzájemné propojení systémů a jejich komunikaci zajišťuje OPC komunikace.[2]



Obr. 17 Blokové schéma sběru dat na VVP

Zdroj: [5]

ICPDAS

Rodina PAC ICPDAS je modulární PAC na bázi sítě s možností připojení I/O buď z vlastní duální sběrnice, nebo alternativně pomocí vzdálených I/O jednotek a vzdálených I/O modulů.

ICPDAS je hlavní měřicí jednotkou v systému VVP, jenž řídí veškeré měření a sběr dat z teplotních čidel. V tomto systému je použita jednotka s označením I-8KE8 (Obr. 22), do které jsou zasunuty 3 moduly I/O s označením I-87013, na jejichž svorky jsou dále připojena teplotní čidla čtyřvodičovým způsobem. Konfigurace těchto I/O modulů se provádí pomocí softwaru VxComm (Virtual Communications Ports) pracujícím na protokolu DCOM

umožňujícím přistupovat k I/O modulům přes Ethernet. Pro tyto tři jednotky jsou vytvořeny virtuální COM porty. [5]



Obr. 18 Vlevo řídicí jednotka ICPDAS I-8KE8 ; vpravo zásuvný I/O modul I-87013

Zdroj: [15]

Vizualizace VVP

Pro systém VVP jsou realizovány dva druhy vizualizací měření se systémem ICPDAS. Jedná se podobně jako u MVP s jedním rozšířením o

- lokální vizualizaci – pomocí HMI/SCADA systému Promotic pro PC
- Webovou vizualizací prostřednictvím webové aplikace na serveru 158.196.133.119/vrty – vizualizace je řešena jak pro VVP tak pro MVP (Vizualizace jsou na obou stránkách velice podobné, rozdíl je pouze v konečné interpretaci výsledků)
- vzdálený přístup k vizualizaci
 - webovou vizualizaci – pomocí funkce WebServer v HMI/SCADA systému Promotic je možné zobrazit monitorovací systém v podporovaných prohlížečích
 - vzdálený přístup k ploše systému Windows – vzdálené ovládání a monitorování měřicího systému

Lokální vizualizace tak vizualizace se vzdáleným přístupem jsou funkčně i vzhledově totožné (viz. **Příloha G**), liší se pouze způsobem, jakým se k nim přistupuje. Lokální vizualizace i vizualizace se vzdáleným přístupem pomocí webu, jsou znázorněny na obrázcích níže.

OPC Data Access Server

Jedná se nejčastěji využívanou specifikaci pro real-time přenos dat mezi systémy. OPC Data Access je skupina standardů, které stanovují požadavky na komunikaci dat z přístrojů pro sběr dat v reálném čase. K dispozici jsou tři atributy spojené s OPC DA a to

- Hodnoty
- Kvalitu hodnoty
- Časové razítko

Jenž mají být při vyvolání požadavku vráceny klientovi OPC. Pokud zdroj dat není schopen poskytnout časové razítko, je OPC DA Server nucen toto časové razítko vytvořit sám.

OPC Server typu DA má na své nejnižší úrovni ovladač vstupů a výstupů (I/O Driver), který přenáší oboustranně data do a z připojeného fyzického zařízení jako například PLC. Přenesená data jsou přes příslušná rozhraní specifikace OPC Data Access nabízena připojeným klientům. [7]

OPC DataHub™

Přenos dat je pomocí OPC DataHub™ je realizován stejným způsobem jako u MVP. Podrobnější informace ohledně tohoto softwaru byly uvedeny v kapitole 2.5.1.

Je nástroj pro správu relačních databází od společnosti Microsoft. Kombinuje relační Microsoft Jet Database Engine s grafickým uživatelským rozhraním a umí přistupovat k datům z Microsoft SQL Server či ke kterékoliv další databázi přes rozhraní ODBC. Je zde použit jako prostředek pro přenos dat mezi řídicí jednotkou ICPDAS a databází MS SQL, obdobně jako OPC DataHub™ u MVP.

MS SQL Server 2008 Express

Použitá databáze pro ukládání naměřených dat z VVP je stejná, jako v případě MVP. Podrobnosti ohledně archivace dat pomocí databází MS SQL Server 2008 Express jsou uvedeny v kapitole 2.5.1.

2.6.3 Přenos dat na server a archivace Green Gas

Toto řešení je principiálně totžné s řešením uvedeným v kapitole **2.6.1 Přenos dat na server a jejich archivace v MVP**.

3. Rozbor příčin výpadků při archivaci měřených dat

Cílem této kapitoly je poukázat na možné situace či faktory, které by mohly negativně zasáhnout do průběhu měření.

Aby bylo možné vytvořit zajištění a kontrolu korektního chodu systému, je potřeba nejdříve provést rozbor možných příčin výpadků v tomto systému. K tomuto rozboru je potřeba analyzovat možnosti výskytu kritických situací, které by mohly do systému neočekávaně zasáhnout a sabotovat tak získávání správných dat, či dokonce omezit průběh měření.

Senzory

Senzory, stejně jako každé jiné zařízení, pracují s určitými možnostmi výskytu chyb či poruch ať z hlediska fyzikálního nebo technického, které mají za následek určité zkreslení reálné hodnoty, se kterou tyto zařízení pracují.

Z hlediska výskytu chyb provedených na měření lze vyčíslit například tyto:

- **Nestabilita čidla – Vlhkost, stárnutí, hystereze a fluktuace**
 - ✓ Při instalaci čidel je třeba dbát důraz na co největší kompenzaci nečistot a vlhkosti, které by mohly zapříčinit nestabilitu čidla. Nestabilitu čidla může způsobit také vliv elektromagnetického rušení, což je vhodné kompenzovat vhodným stíněním čidel.
- **Chyba vlivem kolísání napájecího napětí**
 - ✓ Teplotní čidla použitá pro tyto projekty mohou být napájena externím připojením zdroje nebo získat napájení z komunikačního vedení.
- **Chyba samotného přístroje (porucha senzoru)**
 - ✓ V případě výskytu problému na senzoru se tato porucha může projevit na výsledných hodnotách měřených veličin. Porucha senzoru se projeví na digitálním převodníku jako hodnota maximální možná zobrazená hodnota čidla, který dále posílá digitální data do PLC, kde jsou data vyhodnocena. Jinou příčinou je mechanické poškození samotného čidla, v takovém případě je řešení komplikovanější, pokud je to v rámci dostupnosti k čidlu možné, je potřeba čidlo zkontrolovat a popřípadě vyměnit.
 - ✓ Čidla jsou kontrolována řídicím programem v PLC proti výpadku měření. V případě poruchy čidla, je prováděna opětovná kontrola, v případě že je

čidlo nedostupné i po opakované kontrole, je tento stav vyhodnocen jako porucha čidla a následuje reakce v podobě upozornění na tuto skutečnost.

- **Chyba vlivem nevhodného stínění**
 - ✓ Kabeláž pro signálové vedení, je dimenzováno s vlastním vnitřním stíněním signálových vodičů již výrobcem. V případě prostředí, kde by toto stínění nedostačovalo, bylo potřeba vedení ochránit dodatečným odstíněním.
- **Chyba vznikající v přepínačích měřicích míst při sběru dat z většího počtu odporových senzorů teploty**

Z hlediska poruchových stavů bránících v činnosti čidla se může jednat například o:

- **Porucha v zapojení snímače (napájení snímače a přenos dat)**
 - ✓ Stav čidla jsou kontrolovány řídícím programem PLC, v případě vyhodnocení tohoto stavu, jako reálného problému je provedeno upozornění na tento stav.
- **Porucha napájení snímače**
 - ✓ Viz. výše bod *Chyba vlivem kolísání napájecího napětí*.
- **Porucha vlivem změny vnitřní struktury čidla**
 - ✓ Viz. výše bod *Nestabilita čidla – Stárnutí, hystereze a fluktuace*.
- **Porucha vlivem mechanického poškození**
 - ✓ Viz. výše bod *Chyba samotného přístroje (porucha senzoru)*.

Převodníky

- **Porucha v zapojení převodníku**
 - ✓ Při instalaci zapojení převodníků k PLC, může dojít v případě neopatrné manipulace v tomto okolí k mechanickému uvolnění kontaktního spojení, což by mělo za následek nekorektní získávání dat, možné chyby naměřených hodnot při přijímání do PLC nebo rovnou výpadek celého přenosu dat probíhající komunikace na tomto spojení. Řešením je primárně adekvátní mechanické upevnění tohoto mechanického spojení, které se samovolně neuvolní ani po delším časovém úseku užívání v nasazeném prostředí a bude mechanicky odolné v případě jiné manipulace v jeho okolí. Další možností ochrany proti mechanickému uvolnění způsobenou manipulací v okolí spojení by mohlo být separování celého systému PLC včetně jeho připojených komponent umístěných na DIN lištu do samostatné lokace s vlastním krytím (uzavření do ochranného boxu), které by minimalizovalo přístup k těmto komponentám v případě manipulace

v celém primárním rozvaděči. Na druhou stranu by toto řešení bylo o něco náročnější na vlastní prostor a umístění v primárním rozvaděči (Box in Box).

- **Porucha v získávání hodnot ze senzorů**

- ✓ Příčiny mohou být buďto na straně senzorů (viz. možné poruchy senzorů), nebo jejich připojení k převodníkům, kde může být na vině výše zmíněná mechanická porucha komunikačního spojení. Jelikož jsou převodníky zpravidla instalovány na DIN liště poblíž řídicího PLC, je zde možné řešení obdobné jako v předchozím bodě.

- **Porucha vlivem mechanického poškození přístroje**

- **Porucha napájení převodníku**

- ✓ Napájen převodníku je vedeno ze stejného zdroje jako v případě PLC B&R X20, tudíž v případě výpadku je napájení řešeno dočasně pomocí UPS. Podmínky jsou kladeny také na korektní mechanické spojení pro přívod napájení.

- **Porucha vlivem prostředí**

- ✓ Korektní funkčnost převodníků může být ovlivněna také vlivem okolního prostředí působícího na tyto moduly. Hlavním problémem je zejména kondenzování vlhkosti (dle výrobce je povolená operační nekondenzační vlhkost 5-95%) nebo možnost přeřátí modulu po přesáhnutí povolené operační teploty (0-50°C). Řešením je instalace modulu do prostředí, které splňuje podmínky korektního provozu.

Spojovací a signálové prvky

Do oblasti spojovacích prvků zahrnujeme šroubová spojení pro připojení vodičů, kontakty přepínačů a spojovací vedení od snímače k měřicímu přístroji. Na tyto části je kladen primární požadavek mechanické čistoty pro eliminaci přechodových odporů na minimální úroveň a dostatečně velký izolační odpor vodičů a svorek mezi jednotlivými větvemi, v opačném případě nečistotami, prachem a mastnotou usazenými na těchto prvcích o tyto požadované vlastnosti přicházíme.[8]

Mezi časté problémy patří:

- **Přehřívání hlavic snímačů – teplota svorek bývá vyšší než teplota hlavičky, což vede k častému překročení povolené teploty připojených vodičů**

- ✓ Při instalaci těchto částí je potřeba dbát na co nejpresnější mechanické spojení pro eliminaci možnosti přehřívání v důsledku nedoléhajících stykových kontaktních ploch, čímž může nastat i riziko výpadku signálu a ztráty přenosu dat.

- **Poškozena izolace**

- ✓ V případě poškození izolace je vedení vystaveno většímu riziku ovlivnění negativním zdrojem rušení. V případě poškození je potřeba, pokud to je možné, zabezpečit obnovení izolačních vlastností dostupnými prostředky. V případě rozsáhlého poškození a nemožnosti opravy izolace a náchylnosti vedení na parazitní jevy je nutná výměna této části za novou.

- **Vliv odporu spojovacího vedení**

- ✓ Spojovací vedení je dimenzováno tak, aby plnilo svoji funkci s co nejnižšími parazitními vlivy vlastního odporu na přesnost měření.

- **Teplota okolí**

- ✓ Do určité míry je ochranou před těmito teplotními vlivy, které jsou velmi nestálé a proměnné dle tepelné energie prostředí a hloubky vrtu, minimalizovány ochrannou izolací vedení.

- **Přerušování vedení vlivem mechanického poškození nebo odpojení**

- ✓ V případě přerušování vedení by došlo ke ztrátě komunikace s tepelnými čidly, což by mělo za následek vyhodnocení poruchy pro každé čidlo. V takovém rozsahu hromadné chyby by bylo zřejmé, že se jedná o problém mimo samotné čidlo.

Signální vedení spojuje obvykle snímač s měřicím přístrojem nebo s přepínačem signálů, který je na vstupu centralizované části měřicího systému. Běžné signální vedení je tvořeno dvojicí izolovaných signálních vodičů, kroucených, uložených ve stíněném kabelu. Dvojice mohou mít i samostatná izolovaná stínění.[9]

Z hlediska kvality signálu se jedná zejména o:

- Akumulování aditivních rušivých elektromagnetických signálů navázaných na požadovaný signál.

Měřicí jednotka

Do této oblasti spadá problematika možných negativních stavů řídicích jednotek realizovaných pomocí B&R X20 (MVP) či ICPDAS (VVP) a jejich přidružených komponent. Pro vyhodnocování měřených hodnot je pro každý polygon použita jiná řídicí jednotka, avšak možné negativní stavy jsou pro oba typy řídicích jednotek principiálně obdobné.

Z hlediska možnosti výskytu problému spojeným s řídicí jednotkou může jít o:

- **Problém s připojením spojového signálového vedení na vstupní svorky měřicích modulů řídicí jednotky**

- ✓ V tomto případě by byl efekt obdobný jako u výše uvedeném případě přerušení signálového vedení. Při vyhodnocování hodnot z čidel by došlo k vyhodnocení stavu poruchy na každém z čidel, což při takovém množství značí poruchu z jiné příčiny než samotného čidla. Určitým rizikem v tomto případě je také jakákoliv manipulace v okolí vstupních svorek, kde by mohlo dojít k uvolnění či jinému mechanickému poškození. Částečné eliminace dosáhneme korektní a pečlivé instalace spojení vedení s těmito svorkami.
- **Problém související s připojenými zásuvnými měřicími moduly řídicí jednotky**
 - ✓ V tomto případě by byl efekt obdobný jako u výše uvedeného, jelikož by došlo pravděpodobně k nemožnosti číst korektně data z určitého bloku senzorů připojených ke kritickému modulu. Pro eliminaci tohoto jevu, je potřebná důsledná a korektní instalace modulu při zapojování a oživování řídicí jednotky s těmito moduly.
- **Porucha řídicí jednotky softwarového charakteru – chyba způsobena programem obsluhující systém**
 - ✓ Řídicí program PLC pro obsluhu systému tepelných vrtů je pro reálné použití testován a doladován. V případě, že by nastala provozní chyba PLC způsobena během vykonávání řídicího programu, pravděpodobně by mohlo dojít ke dvěma situacím. První, méně vážná, situace by nastala v případě nekorektního čtení/zápisu stavů některých proměnných v systému, aniž by to bylo obsluhou možno na chodu systému okamžitě rozpoznat, což by mohlo vézt k milným informacím a následnému selhání systému. Takovou situaci by mohly způsobit například nepatrná chyba v konfiguraci PLC, nekorektní přepis řídicího programu PLC, jeho komponent, nekorektního překladu programu nebo nekorektním nahráním programu do paměti PLC. Druhá krizová situace by mohla nastat v reakci na závažnou chybu čtení/zápisu dat proměnných v řídicím programu, nebo situaci na kterou PLC není schopno korektně reagovat, čímž by mohlo dojít k přepnutí PLC do servisního stavu (SERV), ze kterého nelze obsluhovat program. V takovém případě neprobíhá měření, řízení, ani získávání požadovaných dat a je nutné PLC obsluhou resetovat. V případě jedné z výše zmíněných variant chyby PLC, by měl systém nahlásit chybu provozu PLC a upozornit tak emailovou, či SMS zprávou.
- **Porucha řídicí jednotky hardwarového charakteru – fyzická porucha řídicí jednotky**

- ✓ V případě fyzické poruchy by se pravděpodobně PLC přepnulo do servisního stavu, z kterého by nebylo možno vykonávat obsluhu řídicího programu, popřípadě by v kritické situaci PLC nebylo schopno provozu vůbec. Na tyto skutečnosti je upozorněno stejným způsobem jako u výše zmíněné softwarové chyby.
- **Porucha komunikace řídicí jednotky**
 - ✓ Během měření by mohla nastat situace, kdy PLC není schopno naměřené hodnoty přeposlat dál po síti přes OPC. Problém by mohl nastat buďto v samotné síti poskytující připojení PLC do komunikační topologie, kde by příčinou mohlo být od výpadku provozovatele sítě po vadný UTP síťový kabel. Jinou příčinou by mohla být nesprávná konfigurace PLC pro komunikaci po síti či problém s navázáním spojení s OPC serverem.
- **Porucha napájení řídicí jednotky**
 - ✓ Pro nepřetržitý chod měření je nutné mít trvalý přívod energie pro napájení PLC. V případě výpadku permanentního zdroje napájení, je zásoba energie pro napájení PLC realizována použitím záložní jednotky energie (UPS), avšak toto řešení je pouze dočasné pro časový interval poskytující kapacita energie UPS, ve kterém je schopno PLC vykonat servisní zálohy dat a řízení systému do zabezpečeného stavu. Po této lhůtě, nedojde-li k obnovení dodávky napájecí energie, by po vyčerpání energie UPS došlo k vypnutí PLC. Na skutečnost že je PLC napájeno z UPS je taktéž upozorněno emailovou zprávou.

Přenos dat

Výskyt kritických situací v oblasti přenosu dat přes OPC server reprezentovaný pomocí PVI Runtime AS od B&R (MVP) či OPC DA Serverem (VVP), může nastat například v:

- **Ztráta komunikačního datového spojení OPC Serveru s řídicí jednotkou**
 - ✓ Ztráta komunikace OPC Serveru s řídicí jednotkou může nastat v případě přechodu PLC do servisního stavu. Do servisního stavu se může dostat buďto při restartování PLC (přehrávání programu), nebo při výskytu vnitřní chyby programu PLC. Pro diagnostiku této situace a notifikaci obsluhy by mohlo posloužit využití diagnostických komponent aplikace OPC DataHubTM, která obsahuje balíček komponent pro kontrolu systémových a komunikačních stavů. Zde by se využilo pravděpodobně kontroly chyby komunikace OPC DataHubTM s PLC, přičemž na tyto stavy

lze reagovat stejně jako v případě ostatních kontrolovaných dat proměnných.

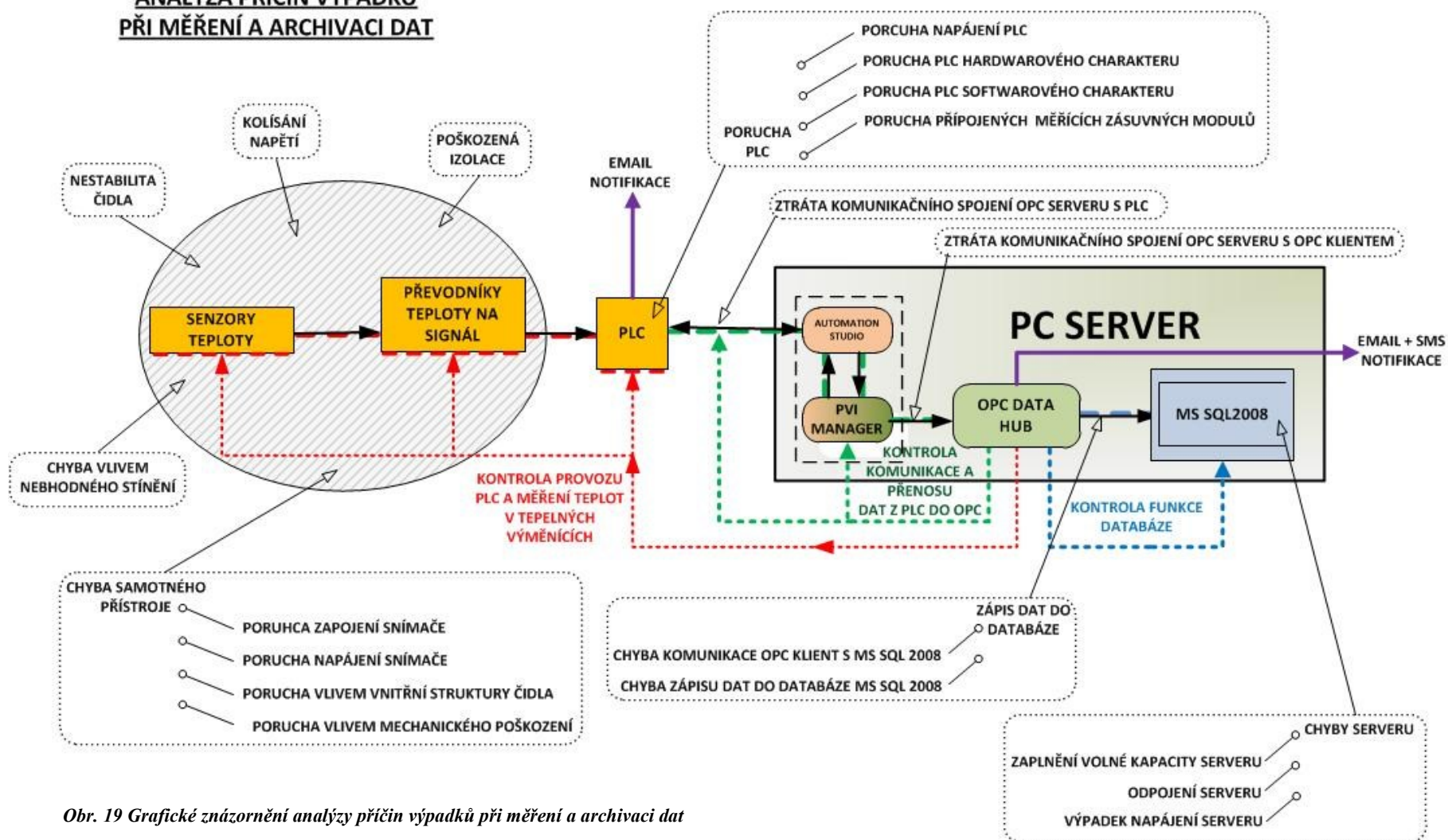
- **Nemožnost posílání dat příčinou špatné kvality zaznamenaných dat**
 - ✓ V OPC DataHub™, který je zde realizován jak pro přenos dat na server tak pro dodatečnou kontrolu měřicího systému, je při čtení dat z PLC zjišťována a hodnocena jejich kvalita. V případě potřeby by bylo možné reagovat na různé stavy kvality přijatých dat jednotlivých proměnných. Pro samotný výpadek příjmu těchto dat, je řešeno upozornění na tuto situaci posláním SMS stejně jako v případě poruchových stavů proměnných.
- **Softwarová chyba konfigurace přenosu dat do/z OPC Serveru**
 - ✓ Taková chyba by mohla nastat nesprávným počátečním konfigurováním komunikace PLC s OPC Server/Client, popřípadě neopatrným zásahem do této konfigurace komunikace. V současné době je konfigurace komunikace provedena korektně a stabilně. Do konfigurace komunikace PLC a OPC se dostane pouze programátor PLC, tedy není zde pravděpodobnost cizího zavinění. V případě poruchy by nastal výpadek přenosu dat do OPC DataHub™, což by se projevilo jako chyba všech kontrolovaných a čtených proměnných v OPC DataHub™, a zároveň by tak došlo k vyhodnocení jako chyba spojení na kontrolované proměnné pro kvalitu a navázání spojení, což by vedlo k upozornění na tuto skutečnost okamžitým zasláním notifikační SMS a emailové zprávy.
- **Ztráta komunikačního datového spojení OPC DataHub™ s OPC Serverem**
 - ✓ Projevila by se výše zmíněnou reakcí, tedy notifikací SMS a emailovou zprávou na danou situaci.
- **Softwarová chyba konfigurace přenosu dat do/z OPC DataHub™**
 - ✓ Problém by zde mohl vzniknout nekorektním nastavením způsobu navázání spojení komunikace OPC DataHub™ s prostředkovatelem přenosu dat, tedy OPC Serverem (PVI Manager). Popřípadě chyba konfigurace vnitřní struktury tohoto spojení jako doba obnovování dat, filtrování hodnot, či jiné položky nastavení. V současné době je nastavení spojení komunikace funkční a korektně funguje po celou dobu testování. V opačném případě by došlo ke ztrátě komunikace mezi OPC Server/Client a k následnému výpadku měřených hodnot, což by vedlo k okamžité notifikaci obsluhy na problém se spojením, obdobně jako u výše uvedeného.

Archivace dat

Situace předcházející výpadkům systému v oblasti zápisu a archivace dat do databáze realizované pomocí MS SQL Server 2008 mohou být následující:

- Ztráta komunikačního datového spojení MS SQL 2008 s OPC DataHubTM.
- Zahlcení či zaplnění databázového systému naměřenými daty – z hlediska časové náročnosti se jedná o dlouhý interval od započetí měření a ukládání dat do databáze až do zaplnění databáze.

ANALÝZA PŘÍČIN VÝPADKŮ PŘI MĚŘENÍ A ARCHIVACI DAT



Obr. 19 Grafické znázornění analýzy příčin výpadků při měření a archivaci dat

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha Q

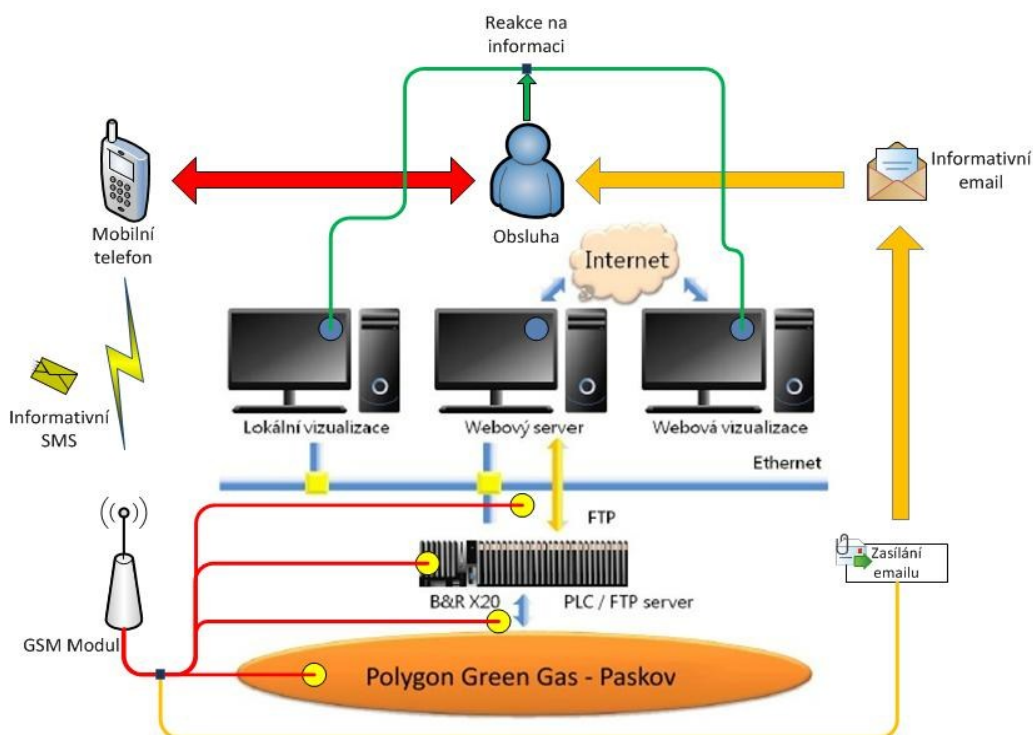
4. Návrh a realizace opatření pro indikaci výpadků měření

Tématika této kapitoly je zaměřena na praktické řešení opatření pro indikaci výpadků měření, jeho realizaci a aplikaci v reálném provozu s využitím programovatelného automatu PLC B&R X20 a GSM modulu.

Za normálních podmínek by bylo potřeba neustálé vizuální kontroly, zda proces měření funguje korektně a nejsou přítomné chyby či výpadky měření, na které by obsluha musela ihned reagovat. Proto byly do programu PLC implementovány kontrolní prvky, které vylučují neustálou vizuální kontrolu obsluhy a v případě poruchy či výpadku automaticky obsluhu upozorní informativním emailem, popřípadě SMS zprávou.

Do kontrolního řetězce je zapojen taktéž OPC DataHub™, který zároveň zajišťuje přenos dat do databáze, umí zároveň realizovat zasílání emailových zpráv na konkrétní události.

Systém má za úkol reagovat na negativní změny v systému a reagovat tak na výpadky měření automatickým upozorněním obsluhy pomocí emailové zprávy nebo SMS zprávy.



Obr. 20 Znáznornění způsobu indikace

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha S

4.1 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí emailových zpráv s použitím PLC a SMTP

Programovatelný automat B&R X20 má možnost implementovat softwarovou knihovnu, která umožní PLC využít k automatickému generování a následnému zasílání emailových zpráv. Pro tento účel je výrobcem PLC pro vývojové prostředí Automation Studio™ poskytnuta knihovna s označením „AsSMTP“, která v sobě nabízí veškeré funkce pro vytvoření, kompletaci a odesílání emailových zpráv pomocí protokolu SMTP.

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) je internetový protokol určený pro přímý přenos a zasílání zpráv elektronické pošty mezi odesílatelem a adresátem. Standardně se využívá naslouchání poštovního serveru na komunikačním portu :25 (standardně – příklad emailové služby Seznam, Email, VSB) nebo u bezpečnějších šifrovaných komunikací na portu :465 (Gmail, VSB, nebo další veřejné emailové služby). Pro každého poskytovatele takovýchto služeb je typická adresa poštovního serveru a to buď ve tvaru doménového jména (smtp.gmail.com, smtp.seznam.cz, smtp.vsb.cz) nebo číselným tvarem IP adresy těchto serverů (smtp.gmail.com = 66.249.93.111, smtp.seznam.cz = 77.75.72.43, smtp.vsb.cz = 158.196.149.155), přičemž nezáleží na zadaném tvaru adresy poštovního serveru, jelikož adresy v obou tvarech jsou pro poštovní server totožné. V některých případech, dle typu poskytovatele SMTP, je k úspěšnému přístupu do emailové schránky při odesílání emailové zprávy nutné zadat také přístup v podobě uživatelského jména a hesla do účtu této emailové schránky.

```
PROGRAM _INIT
(*-----NASTAVENÍ PARAMETRŮ EMAILU-----*)
(*-----*)
    SmtplibSend_0.pHost := ADR('smtp.vsb.cz');      (*JMENO SMTP SERVERU NEBO JEHO IP ADRESA*)
    SmtplibSend_0.port := 25;                      (*PORT SERVERU*)
    SmtplibSend_0.pReceiver := ADR('smi163@vsb.cz'); (*EMAILOVA ADRESA PŘÍJEMCE*)
    SmtplibSend_0.pSender := ADR('PLC@BRX20.com');  (*JMENO ODESÍLATELE*)
    SmtplibSend_0.pSubject := ADR('PLC@Email');    (*JMENO PŘEDMĚTU*)
    SmtplibSend_0.pDomain := ADR('smtp.vsb.cz');   (*DOMÉNA ODESÍLATELE*)

(*-----OPTIONAL-----*)
(*-----*)
//SmtplibSend_0.pUser := ADR('smi163');           (*UŽIVATELSKÉ JMÉNO DO EMAILOVÉHO ÚČTU*)
//SmtplibSend_0.pPassword := ADR('XXXXXXXXXX');   (*HESLO DO UŽIVATELSKÉHO DO EMAILOVÉHO ÚČTU*)
END_PROGRAM
```

Obr. 21 Inicializační část nastavení SMTP v B&R Automation Studio™

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha S

K odesílání informativních emailových zpráv obsluze by mělo docházet v reakci na některou z kontrolních podmínek v programu automatu, například na výpadek měření či kritickou hodnotu některé z měřených proměnných.



Obr. 22 Příklad zaslání emailu na reakci hodnoty proměnné

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha S

K samotnému odesílání emailových zpráv z PLC B&R X20 není potřeba žádného externího zařízení či aplikace, využívá se implementace knihovny k tomu určené a vytvořit řídicí program pro PLC, které musí být připojené do sítě s přístupem k internetu pomocí protokolu TCP/IP. Zde je nutné, aby bylo PLC schopno se v této síti při vykonávání funkce zaslání emailové zprávy připojit k serveru SMTP, předá mu pak svojí zprávu a server SMTP tuto zprávu odešle na uvedenou adresu příjemce.

Další část kódu, cyklicky vykonávaný program, je uvedena v příloze. Tento kód vykonává vyhodnocení, které má za následek zapsání popisu poruchy do struktury textu emailové zprávy. V případě poruchy tak PLC zašle emailovou zprávu s obsahem popisu nastalé chyby, na kterou systém reagoval. Zpráva se pak generuje na každý poruchový stav, který je vyhodnocen pro odeslání zprávy. V případě delšího přetrvání poruchového stavu je emailová zpráva generována automaticky po delším časovém okamžiku opětovně.

4.2 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí emailových zpráv s použitím OPC DataHubTM

Podrobnější popis o softwaru OPC DataHubTM je uveden v kapitole 2.5.1 *Přenos dat na server a jejich archivace v MVP* v sekci OPC DataHubTM.

V této části je OPC DataHubTM použit pro kontrolu kritických stavů podobně jako PLC, ale zde se jedná o záložní systém, využitý pro kontrolu stavů, které PLC nekontroluje, nebo zároveň pro kontrolu správného chodu PLC.

K získání potřebných dat k vyhodnocování a zároveň samotnému přenosu dat do databáze, se využívá OPC map, které obsahují odkazovací tagy proměnných a jejich změřených hodnot.

4.2.1 Propojení kontrolovaných měřených proměnných mezi PLC a OPC DataHubTM

Prvotní konfigurace pro propojení měřených proměnných pro kontrolu se realizuje ve vývojovém prostředí Automation StudioTM, kde se ze seznamu globálních proměnných, použitých pro řídicí program PLC X20, vyberou konkrétní proměnné, z nichž se vytvoří OPC mapa s datovým odkazem tagu na danou proměnnou a její hodnotu.

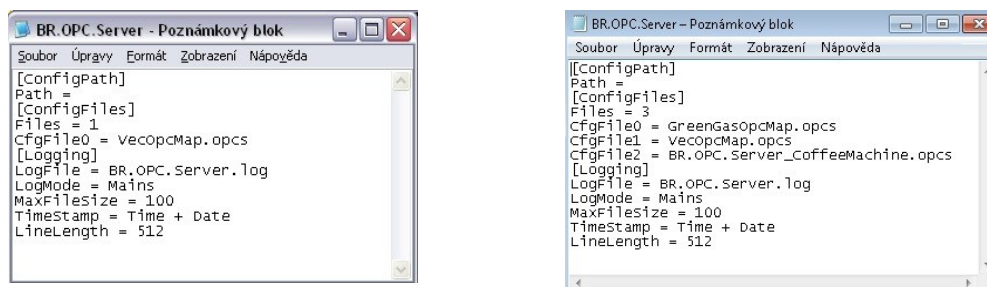
OPC Tag Name	PVI Process Object Name	Property	Value
Communication...		Pvi	CT=0 PT=0
GreenGas		Communication timeout	0
GreenGas...		Process timeout	0
INFO... INFO_SMTP_SEND		Remote PVI	false
SMT... SMTP_SEND_CHECKED		Others	
Aktiv... AktivovanoCerpadlo_1		LNINA2	LNINA2
Beh... BehObehoveCerpadlo		Line name	LNINA2
Dobij... DobijeniBaterie		Others	
Ener... EnergieVZasobniku		TCPIP	Tcpip
Chod... ChodVentilatoru_1		Device name	TCPIP
Chod... ChodVentilatoru_2		Source address (SA)	3
Chod... ChodVentilatoru_3		Local port number	11159
Chod... ChodVentilatoruChladice		Others	
Chyb... ChybyMereniVitu		GreenGass	/DAIP=194.228.204.158 /RT=1000 /REPO=11159 /CKDA=0
Nabij... Nabijeni		CPU name	GreenGass
Objem Objem		Connection path	
Poru... PoruchaPamet		Save path	
Prutok Prutok		Response timeout	1000
Tepl... TeplotaVystupSekundar_REAL		Destination address (DA)	
Tepl... TeplotaZpateckaSekundar_REAL		Destination IP address / Ho...	194.228.204.158
Tepl... TeplotaZpateckyKogenJednotky_REA		Port number	11159
V1_5... V1_5A_REAL		Check destination address	false

Obr. 23 Automation StudioTM - Nastavení OPC

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha N

Dalším důležitým krokem je umožnit čtení těchto hodnot pro vnější OPC Klient/Servery (např. OPC DataHubTM), což je řešeno pomocí aplikace Automation PVI Manager, přičemž, aby věděl, o které OPC mapy se jedná, je třeba mu nastavit přístup v podobě lokace konkrétní OPC mapy v konfiguračním souboru BR.OPC.Server. Existují dvě varianty jak tohoto nastavení lokace docílit. Buďto do pole „Path“ zadat přesnou lokační adresu, kde se OPC mapa nachází, nebo tuto OPC mapu zkopírovat do adresáře, ve kterém se nachází výše

zmíněný konfigurační soubor a do pole „CfgFile“ se doplní pouze název OPC mapy, přičemž nastavení je vypadá následovně.



Obr. 24 Nastavení lokace OPC mapy k přístupu dat pro PVI Manager

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha N

Pokud je konfigurace korektní, přenášená data je možné vidět v jakémkoliv OPC Klient/Server v tomto případě OPC DataHub™ (Obr. 28). Pro názornost také ukázka Bernecker OPC Monitor (Obr. 29).

Cogent DataHub Data Browser: 73 of 323 points in pro domain

Selected Point:

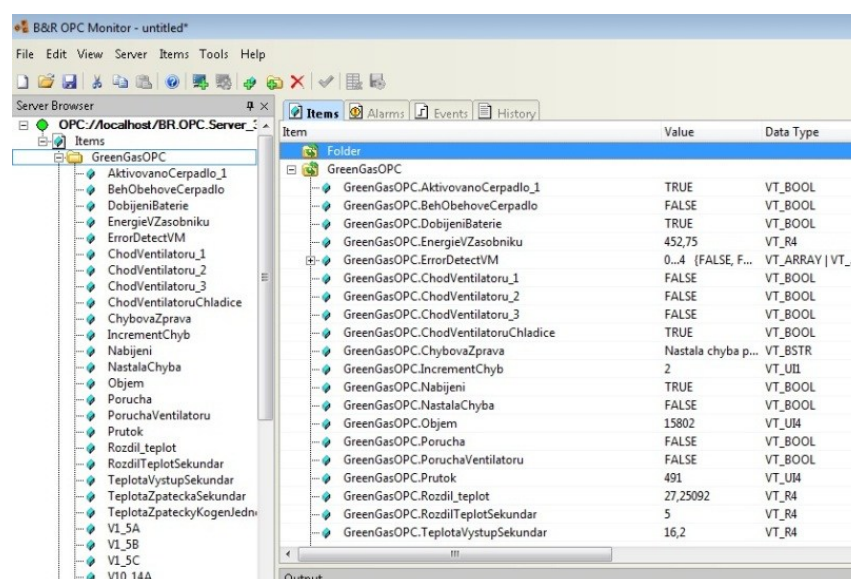
Enter new value:

	Point Name	Date	Quality	Type	Value
default					
pro					
GreenGasOPC					
OPC					
VecOPC					
	AktivovanoCerpadlo_1	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	1
	BehObchovuCerpadlo	4 17 11:47:58.544	Good	BOOL	0
	ChodVentilatoruChladice	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	1
	ChodVentilatoru_1	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	0
	ChodVentilatoru_2	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	0
	ChodVentilatoru_3	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	0
	ChybovaZprava	4 17 11:50:12.518	Good	String	Nastala chyba při zápisu do souboru se záložními daty.
	DobijeniBaterie	4 17 11:47:58.544	Good	BOOL	1
	EnergieVZasobniku	4 17 11:52:34.545	Good	R4	452,79
	ErrorDetectVM	4 17 11:47:58.525	Good	BOOL array	[0 0 0 0]
	IncrementChyb	4 17 11:50:25.541	Good	UI1	3
	Nabijeni	4 17 11:47:58.544	Good	BOOL	1
	NastalaChyba	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	0
	Objem	4 17 11:47:58.508	Good	UI4	15802
	Porucha	4 17 11:47:58.544	Good	BOOL	0
	PoruchaVentilatoru	4 17 11:47:58.509	Good	BOOL	0
	Prutok	4 17 11:53:36.547	Good	UI4	503
	RozdilTeplotSekundar	4 17 11:47:58.544	Good	R4	5
	Rozdil_teplost	4 17 11:53:36.547	Good	R4	23,27369
	TeplotaVystupSekundar	4 17 11:51:05.578	Good	R4	16,3
	TeplotaZpateckaSekundar	4 17 11:52:28.533	Good	R4	14,7
	TeplotaZpateckyKogenJednotky	4 17 11:52:18.548	Good	R4	82,3
	V10_14A	4 17 11:52:47.502	Good	R4	73,8
	V10_14B	4 17 11:53:16.531	Good	R4	58,7

Obr. 25 Znáznornění propojení a příjmu dat v OPC DataHub™

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha N

Na obrázcích je vidět zobrazení přenosu dat proměnných a jejich čtení v OPC aplikacích Cogent OPC DataHub™ a B&R OPC Monitor. V levé části obrázku lze vidět zdroj čtení dat – měřící polygony Green Gas, VEC.



Obr. 26 Znáznornění propojení a příjmu dat v Bernecker OPC Monitor

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha N

Tyto software pro přenos dat pomocí OPC pracují nezávisle na sobě, avšak plní stejnou funkci. V realizaci projektu Green Gas je však využíváno pouze OPC Server/Client Cogent OPC DataHubTM. Tento software plní stejnou funkci jako B&R OPC Monitor, avšak je mnohem sofistikovanější a nabízí řadu možností a dodatečných kontrolních služeb než zmíněný OPC Monitor.

Příkladem mohou být právě zasílané notifikace na nežádoucí stavy proměnných, kontrola komunikace, kontrola síťových parametrů, kontrola serveru a jiné, včetně časování (viz. dále). Na druhou stranu B&R OPC Monitor je součástí licenčního softwarového balíku B&R Automation StudioTM, tudíž není potřeba dalšího licenčního poplatku.

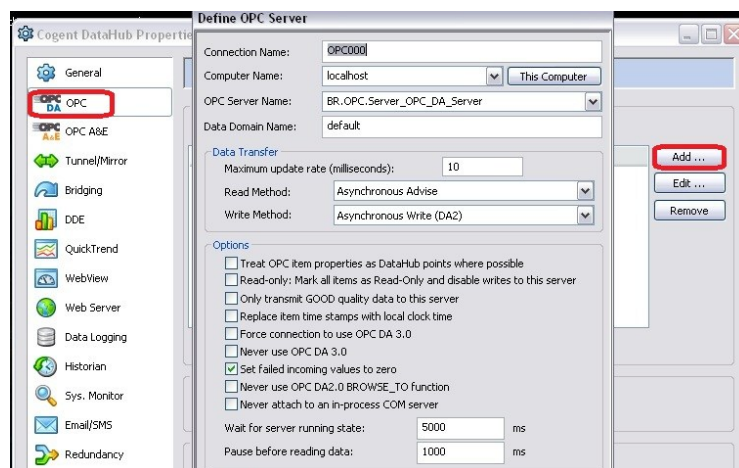
V případě Cogent OPC DataHubTM je zde nevýhoda separace celého software na několik jednotlivých částí, z nichž pro jejich využívání je nutné software upgradovat dodatečnými licencemi pro jednotlivé funkce, což vede k dalšímu finančnímu zatížení.

4.2.2 Konfigurace OPC DataHubTM pro zasílání emailových zpráv

Pro nastavení zasílání emailových zpráv je v prvním kroku nutné vytvořit spojení přímo v OPC Configuration. Toto spojení umožní číst data zasílaná přes OPC z PLC. Tato fáze nastavení je podmíněna splněním nastavení z kapitoly 4.1.1, aby bylo možné použít OPC DataHubTM pro čtení dat OPC, a dále aby bylo možné na tyto hodnoty čtených proměnných následně reagovat.

Aby bylo možné reagovat na stavy proměnných, je potřeba nastavit spojení mezi OPC serverem (v tomto případě PVI Manager) a klientem (v tomto případě OPC DataHub™). Správný OPC server lze vybrat z nabídky poskytovatelů OPC serveru (BR.OPC_Server, Cogent.OPC_Server, ...).

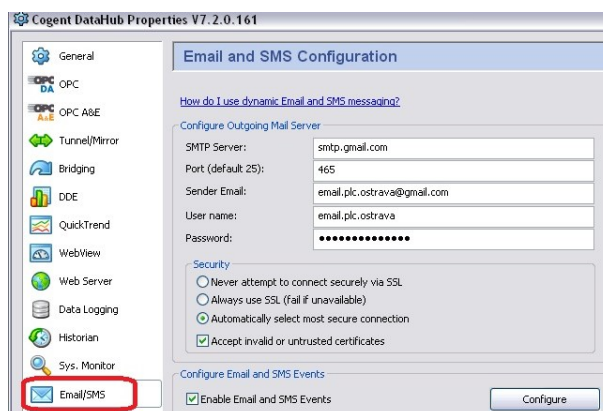
Příklad nastavení spojení komunikace mezi OPC Server/Klient lze vidět na obrázku níže (Obr. 34), na kterém se realizuje spojení komunikace OPC dat mezi OPC DataHub™ a PVI Manager – BR OPC Serverem.



Obr. 27 Nastavení spojení v OPC DataHub™ Configuration

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha O

Dále se již lze zaměřit na samotné nastavení pro zasílání emailových zpráv z OPC DataHub™. K tomu je potřeba deklarovat inicializační nastavení poskytovatele SMTP, port na kterém bude démon poštovního serveru naslouchat (:25 standardně nebo :465 SSL), adresu odesílatele (= v tomto případě může být shodná také s adresou příjemce), uživatelské jméno a heslo do toho účtu elektronické pošty.



Obr. 28 Nastavení inicializační části pro odesílání emailových zpráv

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha O

Následuje vytvoření obsahu emailové zprávy, způsob odesílání, podmínky odesílání a samotná struktura celé emailové zprávy. Je potřeba nakonfigurovat za jakých podmínek či stavu proměnných se má emailová zpráva vygenerovat, či jak často nebo v jaký stanovený čas se má emailová zpráva opětovně vygenerovat. K tomu slouží v nastavení několik pomocných tabulek, jejichž vzájemným kombinováním se dosáhne požadované funkce.

Obr. 29 Nastavení časového intervalu pro generování emailové zprávy

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha P

Způsob realizace obsahu zprávy je zde řešen pomocí HTML příkazů, pomocí kterých je text formátován a kompletován do finální podoby i se všemi hodnotami a parametry proměnných které má zpráva obsahovat.

Strukturu zprávy lze díky HTML příkazům editovat libovolně, v tomto případě jsou proměnné skládány do tabulek v pořadí „Název Proměnné“ | „Hodnota Proměnné“ | „Čas poslední změny“.

On	Type	Subject	Recipients	Trigger	Condition
<input type="checkbox"/>	html	Email TEST VEC	email.plc.ostrava...	every 20 sec	\$default:VecOP...

Obr. 30 Struktura editace obsahu emailové zprávy zaslané z OPC DataHubTM


Zdroj: Vlastní, viz. Příloha P

Generování emailových zpráv je v tomto případě řešeno jak pro projekt Green Gas, tak pro projekt VEC. V každém z nich se hlídají jiné hodnoty proměnných, avšak díky OPC serveru jsou data dostupné současně v jednom programu. Generování emailových zpráv je řešeno nezávisle pro každý projekt samostatně.

Emailovými zprávami je možno reagovat jak na nežádoucí hodnoty konkrétních proměnných, tak plánovaně a pravidelně generovat emailové zprávy s hodnotami konkrétních proměnných.

Vygenerovaný email v OPC DataHub™ v důsledku konkrétní události či nastavenému časovému harmonogramu pak může vypadat následovně.

VEC - Pravidelný Kontrolní Email Doručená pošta x

 **jan.smid@vsb.cz**
komu: mně ▾

Pravidelný Kontrolní Email

Tento email není hlášením o chybě!

V MĚŘICÍM PROCESU -VEC- BYLY NAMĚŘENY TYTO HODNOTY:

NÁZEV	HODNOTA	ČAS POSLEDNÍ ZMĚNY
pro:VecOPC.DetectOW	0	2012-04-01 02:32:29.348
pro:VecOPC.NumDevices	29	2012-04-01 02:32:29.349
pro:VecOPC.SkipROMCode	1	2012-04-01 02:32:29.352
pro:VecOPC.MeasureTemp	1	2012-04-04 18:38:41.963
pro:VecOPC.ResetFindParameter	0	2012-04-01 02:32:29.352
pro:VecOPC.ErrorOW	0	2012-04-04 18:38:41.963
pro:VecOPC.ErrorCOM	0	2012-04-04 18:38:41.963
UPS	0	2012-04-01 02:32:29.353
pro:VecOPC.Prikon_TC1	6.5919957160949707	2012-04-04 18:38:42.970
pro:VecOPC.Prikon_TC2	0	2012-04-04 18:38:40.973
pro:VecOPC.Tlak_A	899.9996337890625	2012-04-04 12:17:45.956
pro:VecOPC.Tlak_B	939.291748046875	2012-04-04 18:38:42.974
pro:VecOPC.Tlak_C	3.2333822250366211	2012-04-04 18:38:42.974
pro:VecOPC.Tlak_D	0.0876617431640625	2012-04-04 18:38:42.974

Obr. 31 Náhled na příchozí emailovou zprávu zaslanou z OPC DataHub™

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha P

Jak je vidět z obrázku výše, jenž představuje pro demonstraci pouze část celkové zprávy, obsah emailu je tvořen popisem příčiny zaslání emailu a dále pak samotným obsahem hodnot naměřených proměnných uložených v tabulkové struktuře jak bylo popsáno dříve.

4.3 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí SMS zpráv s použitím OPC DataHub™

Jak již bylo uvedeno dříve, software OPC DataHub™ je důležitou komponentou v systému vyhodnocování a přenosu dat., jelikož slouží jako OPC klient/server a zároveň dokáže vyhodnocovat kritické hodnoty na které lze dále reagovat emailovými zprávami nebo textovými zprávami SMS.

V této části kapitoly je přednesen postup, jak využít OPC DataHub™ k zasílání varovných SMS v případě situace, na kterou je neprodleně nutné reagovat, například výpadek komunikace serveru s PLC. Povědomí o nastalé situaci je v takovém případě důležité získat v co nejkratším časovém úseku, což zaručuje zaslání textové SMS zprávy rovnou pověřené osobě obsluhy. Řešení takové situace je založeno na pravděpodobnosti, že se tímto způsobem dozví obsluha o problému dříve, než kontrolou emailové pošty. Tzn. je zde větší pravděpodobnost, že má obsluha u sebe mobilní telefon, než jeho trvalá přítomnost u PC s emailovým klientem.

Typ upozornění na takovou situaci lze samozřejmě kombinovat, jestliže chceme vytvořit upozornění jako textovou zprávu SMS a zároveň emailovou zprávu, nebo pouze samotnou SMS zprávu (či emailovou zprávu), je nutné pouze zadat korektní tvar adresy příjemce.

V případě zasílání textových SMS zpráv z OPC DataHub™ je zde jedna zajímavost, a to jakým způsobem je zadávána adresa, příjemce mobilního telefonu, respektive v jakém tvaru je zpráva odesílána.

Vygenerovaná zpráva (kterou jsme přednastavili pro různé akce s jiným obsahem textu) je generována standardně pro zasílání na emailové adresy, avšak takovou zprávu lze zaslat i na adresu mobilního telefonu, který dostane obsah zprávy převedený na textovou zprávu.

Ve většině případů, až na několik málo speciálních výjimek, nelze zasílat emailovou zprávu přímo adresátovi na telefon ve tvaru telefonního čísla (příklad 00420 123 456789). K tomu bylo možné textovou zprávu doručit na mobilní telefon, je potřeba aby měl adresát vytvořenou emailovou schránku pro své telefonní číslo u svého operátora. To je ve většině případů vyřešeno způsobem, že každé telefonní číslo operátora má zároveň přiřazenou svoji emailovou adresu pro svoje telefonní číslo. Tvar této emailové zprávy se pak liší podle konkrétního operátora a poskytovatele mobilních služeb.

Zjednodušeně lze říci, že generovanou emailovou zprávu zasíláme do daemona operátora, který tuto zprávu realizuje jako notificační SMS s obsahem tohoto emailu převedeného do textové podoby (vyjma přílohy) a tuto notificační SMS přiřadí na adresu telefonního čísla příjemce. Příjemce obdrží pak samotnou SMS s textovým obsahem emailu.

Zasílání takových zpráv ale není vhodné pro náročné, formátované ani dlouhé texty. Následná zpráva by nemusela být zobrazena korektně či kompletně.

Pro upřesnění jsou emailové adresy tuzemských operátorů v následujícím tvaru:

- SMS na adresáta operátora O2
 - 00420 XXX 123456@sms.cz.o2.com
kde XXX je předčíslí operátora O2 (601, 602, 606, 607, 720, ...)
*Informace o konkrétním emailu pro dané číslo a informace na lince *11.*
- SMS na adresáta operátora Vodafone
 - jmeno@vodafonemail.cz
*Informace o konkrétním emailu pro dané číslo a informace na lince *077.*
- SMS na adresáta operátora T-Mobile
 - jmeno@t-email.cz , jmeno@sms.paegas.cz, jmeno@click.cz
Informace o konkrétním emailu pro dané číslo a informace na lince 4603.

Nutno říci, že někteří poskytovatelé těchto služeb, konkrétně T-Mobile, již před nedávnem, ukončili podporu těchto funkcí, přičemž služby, které tuto stávající nahradili, již tuto možnost neposkytují.

Další důležitým faktem je, že každý operátor povoluje jiný počet zobrazených znaků v zaslané notificační zprávě, bez ohledu na skutečný obsah převedené zprávy. Z hlediska využitelnosti je nejjednodušší nastavení u operátora O2, bohužel za cenu krátkého řetězce obsahu notificační zprávy (cca 60 znaků včetně hlavičky odesílatele). U Vodafone je nutné předdefinovat klientský email u operátora pro telefonní číslo, na který lze notificační emaily zasílat a pak převádět na notificační SMS ale v tomto případě dovoluje operátor zaslání řetězce textu o velikosti až do dvou SMS (cca 320 znaků) na jednu notifikaci.

Pomocí SMS notifikace obsluhy jsou řešeny upozornění na všechny kritické události, které by mohly zamezit kontinuálnímu měření teplot popřípadě chodu celého systému.

Příklad nastavení textové SMS zprávy s použitím výše uvedené adresy:

Message Type
☒ Plain Text Message ☐ HTML Message

Recipients (comma-separated email address list)
 Recipients: Jan_Smid_739292995@t-email.cz

Message Content
 Subject: GREEN GAS ERR:

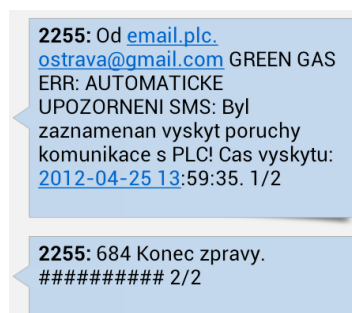
Body:
☐ Use this file:
☒ Use the following text:

AUTOMATICKE UPOZORNENI SMS:
 Byl zaznamenán výskyt poruchy komunikace s PLC!
 Čas výskytu: <%= PointTimeString(#\$System:Server.Chybné\ relace) %>
 Konec zpravy.
 #####

Obr. 32 Konfigurace SMS zprávy v OPC DataHubTM

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha P

Při nastalé situaci, kdy kontrolovaná proměnná je svou hodnotou mimo zvolený povolený rozsah, dochází k okamžitému odeslání notificační SMS zprávy na mobilní číslo pověřené osoby. Ve výsledku vypadá reálná přijatá SMS takto:



Obr. 33 Příklad reálné přichozí SMS na mobilní telefon (Vodafone) obsluhy v případě kritické situace

Zdroj: Vlastní

4.4 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí SMS zpráv s použitím GSM modulu

Pro realizaci zasílání textových zpráv v důsledku kritické hodnoty, je možné využít také externího GSM modemu, který využívá standardních mobilních SIM karet a pracuje v GSM síti obdobně jako mobilní telefon.

Pro testování byl použit GSM modem od firmy SECTRON Wireless Technologies, konkrétně model MC75i EDGE Terminal. Jedná se o quad-band GSM modem (850/900/1800/1900 MHz), disponuje slotem pro SIM kartu, komunikačním portem standardu RS 232, komunikačním portem standardu USB 2.0 (USB2.0-Mini USB-B), informační diodou o stavu připojení modemu do sítě GSM a napájecím konektorem využívající koncovky standardu RJ45 (8-30 V DC, typ. 12 V DC). Pro zabezpečení kvalitního a stálého signálu s GSM sítí disponuje mechanickou anténou (SMA 50 Ohm).



Obr. 34 Quad-band GSM MC75i EDGE Terminal

Zdroj: MC75i EDGE Terminal datasheet.pdf, viz. Příloha J

Tento quad-band GSM modem reaguje pouze na AT příkazy, na které čeká nasloucháním na svém komunikačním portu, který právě využívá. Příklad takové komunikace lze vidět například v Hyper Terminal (standardní výbava Windows XP - Terminal), který slouží pro komunikaci přes komunikační porty s periferiemi připojenými k PC – v tomto případě GSM modem MC75i EDGE.

Při ovládání zařízení přes AT příkazy je po potvrzení příkazu očekávána reakce zařízení s odpovědí, zda tuto operaci uskutečnil či nikoliv. Zařízení umí odpovídat v Boolean logice – pravda/nepravda převedené do odpovědi „OK“ (TRUE) + případné vykonání a zobrazení operace (viz. Obr. 41), nebo „NO CARRYING“ (FALSE). V případě, že se zařízení dotazujeme, zda požadovanou instrukci umí vykonat (dáno výrobcem – příklad uskutečnění hovoru s mobilním číslem) dostáváme stejný formát odpovědi jako v případě vykonávání operací. Dotazování se provádí zápisem příkazu ukončeného otazníkem.

Každý AT příkaz musí začínat začátkem příkazu AT, bez tohoto prefixu příkaz přístroj na zadávané instrukce nereaguje. AT příkazy mohou mít 3 základní podoby:

- Test zda přístroj rozumí zadanému AT příkazu
 - **AT+<příkaz>=?<CR>**
- Zjištění v jaké hodnotě je AT příkaz v zařízení aktuálně nastaven
 - **AT+<příkaz>?<CR>**
- Zápis dat nebo hodnot do telefonu
 - **AT+<příkaz>=<parametr>**

```

AT
OK
AT+CGMI
Cinterion

OK
AT+CCLK?
+CCLK: "02/01/01,11:00:53"

OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CMGR=1
+CMGR: "REC READ", "+420739292995", , "12/04/08,16:25:44+08"
Testovací sms!

OK
AT^SMSO
^SMSO: MS OFF

OK
^SHUTDOWN
-

```

Obr. 35 Příklad AT příkazů (Hyper Terminal + MC75i EDGE)

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha L

Řešení notifikace na kritickou situaci provozu pomocí zasílání textových SMS zpráv z quad-band GSM modemu SECTRON MC75i EDGE by mohlo být realizováno buďto připojením modemu k PLC pomocí komunikačního rozhraní RS 232, nebo k PC přes komunikační rozhraní RS 232 nebo USB 2.0.

V případě připojení GSM modemu k PLC by se musel vyřešit stěžejní úkol navázání komunikace mezi PLC a GSM modemem na patřičném portu a na tento port dále v případě kritické situace zaslat AT příkazy pro odeslání zprávy.

V případě připojení GSM modemu k PC by bylo stěžejním úkolem vytvořit aplikaci, která by v případě kritické situace provozu reagovala zasláním AT příkazu do GSM modemu pro odeslání SMS zprávy.

Tabulka 5 Příklady AT příkazů, které jsou vhodné pro práci s GSM modemem:

PŘÍKAZ AT	FUNKCE PŘÍKAZU	REAKCE / ODPOVĚD SM
-	Zapnutí modemu	Automaticky při zapojení napájecího zdroje
AT^SMSO<CR>	Vypnutí modemu	SM POWER OFF
AT+CFUN=1,1<CR>	Reset modemu	Defaultní nastavení modemu
AT<CR>	Pingování zařízení	OK/ERROR
AT+CGMI<CR>	Informace o zařízení	Viz. Obr.
AT+CCLK? <CR>	Informace o nastavení vnitřního času	
AT+CMGL= y <CR>	Výpis informací o zprávách v telefonu podle číselného kódu, kde y je číselný kód; Číselný kód 0 znamená zprávy přijaté, nepřečtené / kód 1 znamená přijaté, přečtené / kód 2 je pro uložené, neodeslané / kód 3 pro uložené, odeslané / kód 4 je pro všechny zprávy.	
AT+CMGR=< INDEX ><CR>	Čtení konkrétní zprávy podle indexu pozice uložení v paměti SIM, kde < INDEX > je index pozice zprávy v paměti SIM.	
AT+CMGD=< INDEX ><CR>	Smazání konkrétní zprávy podle indexu pozice uložení v paměti SIM, kde < INDEX > je index pozice zprávy v paměti SIM.	
AT+CLIP=< INDEX ><CR>	Zobrazení čísla volajícího na pozici < INDEX > indexu v paměti SIM.	
AT+CMGW= DA > txt <CR><CTRL-Z>	Zápis SMS do paměti SIM s adresací na požadované telefonní číslo DA ("555666777") > Vlastní text SMS zprávy	+CMGW: 1 OK
AT+CMSS=< INDEX ><CR><CTRL-Z>	Načtení SMS z paměti SIM na pozici indexu < INDEX > a přeposlání na adresu telefonního čísla v ní < DA >, pokud není uveden parametr nového adresáta < TODA >	+CMSS: 255 OK
AT+CMGS= DA > txt <CR><CTRL-Z>	Pošle SMS na číslo DA (555666777)> Vlastní text SMS zprávy	OK/ERROR
AT+CMGF=0/1	Přepínání mezi zobrazovacími módy PDU(=0)/TEXT(=1). V příp. PDU se jedná o komunikaci a výpisu informací v HEX, naopak v příp. TEXT je vše dekodováno jak text.	

Zdroj: Vlastní, upraveno z [16], viz. Příloha J, Příloha K

GSM modem MC75i EDGE je nastaven výrobcem tak, že po spuštění standardně komunikuje v PDU (Protocol Data Unit) módu. To znamená, že veškeré informace, které chceme od GSM modemu získat jsou předložena tak jak GSM modem komunikuje se sítí, čili jako dávkový sbalený telegram, obsahující veškeré informace k této události, jenž jsou uloženy v řetězci HEX kombinace.

Pro názornost tohoto řetězce použijí citaci tabulky (zdroj uveden pod tabulkou) zobrazující obsah tohoto telegramu.

07 91 246030500200 040C91 247077214365 00F1 30601102219480 07 C769B3A50D4201

Tabulka 6 Příklad a vysvětlení obsahu zasláního telegramu v PDU módu

07	Udává počet oktetů SMSC informace.
91	Určuje typ adresy. 91 = číslo v mezinárodním tvaru.
24 60 30 50 02 00	Číslo servisního centra 420 603 052 000
04	První oktet rámce - typ PDU
0C	Délka čísla odesílatele (0C hex = 12 dec = 12 číslic)
91	Typ čísla odesílatele (neznámé, ISDN, Data, ...)
24 70 77 21 43 65	Číslo odesílatele (420 777 123 456)
00	PID - identifikace protokolu
F1	DCS - struktura kódování dat
30 60 11 02 21 94 80	Datum doručení = rok-měsíc-den-hodina-minuta-sekunda-časová zóna (11.06.03 20:12:49 GMT+2,00)
07	Počet znaků ve zprávě (délka textu HEXa) 07 hex = 7 dec = 7 <u>znaků</u> NE oktetů!
C769B3A50D4201	Zbývající část je již vlastní zpráva. Nyní si ukážeme jak ji dekodovat.

Zdroj: [16]

To jakým způsobem je řešeno samotné kódování obsahu zprávy do podoby uvedené výše, se zde nebudeme zabývat z důvodu obsáhlosti a náročnosti na zjednodušené vysvětlení. Na uvedené adrese zdroje použité tabulky je tento princip skládání řetězce telegramu částečně popsán.

Pro srozumitelné čtení textových informací ze zařízení, je vhodné se přepnout do textového módu pomocí AT příkazu AT+CMGF=1, viz. Tabulka 5.

5. Návrh a realizace lokální vizualizace

V této kapitole je popsáno a vysvětleno použití lokální vizualizace, vytvořené v pracovním vývojovém prostředí Automation Studio™, implementované do vlastního programu PLC B&R X20, jenž umožňuje alternativní přístup k řízení a důležitým informacím celého řízeného systému.

Tato lokální vizualizace je použita pro monitorování, vizualizaci a ovládání systému nově vzniklých tepelných vrtů v areálu firmy Green Gas DPB, a.s. v Paskově.

Princip lokální vizualizace je postaven na způsobu klasické grafické vizualizace, avšak jedná se pouze o podpůrný doplněk řídicích programů PLC, který je svými vizualizačními a konfiguračními možnostmi omezen na základní funkce a natavení, srovnáme-li jej oproti plnohodnotným vizualizačním systémům.

Jelikož se jedná o implementaci do řídicího programu nahaného do paměti PLC, je nutno brát v potaz omezení takovéto vizualizace kvůli omezené vnitřní paměti PLC (z důvodu náročnosti grafických komponent vizualizace na paměť) pro program a taktéž o vytížení PLC při řešení vizualizace včetně obsluhy ostatních řídicích programů a následné reakce systému na celkový chod tak, aby nenastalo přetížení PLC a s tím následné spojené zpomalení PLC. To je důvod, proč vizualizace neobsahuje možnost využít náročnější prvky a hlubší možnosti konfigurace.

Z pohledu omezených možností na vizualizaci můžeme brát tento bod jako nevhodný pro náročnější aplikace, avšak kladným bodem je eliminace dalšího software pro vizualizaci (včetně funkčního propojení) programu PLC, či možnost připojit se k lokální vizualizaci přes síť (Internet, Ethernet) pomocí PC s nahaným softwarem VNC-Viewer™, a zároveň možnost mít k PLC připojen libovolný grafický panel (dotykový, s ovládacími prvky) pro stálou vizualizaci systému.

Tato lokální vizualizace je jednou z možností jak zobrazit informace či provést řízení systému. Celkový projekt obsahuje kromě této možnosti vizualizace navíc ještě přístup k internetové vizualizace, řešené jiným členem týmu pracujícím na tomto projektu.

5.1 Vizualizace v Automation Studio™

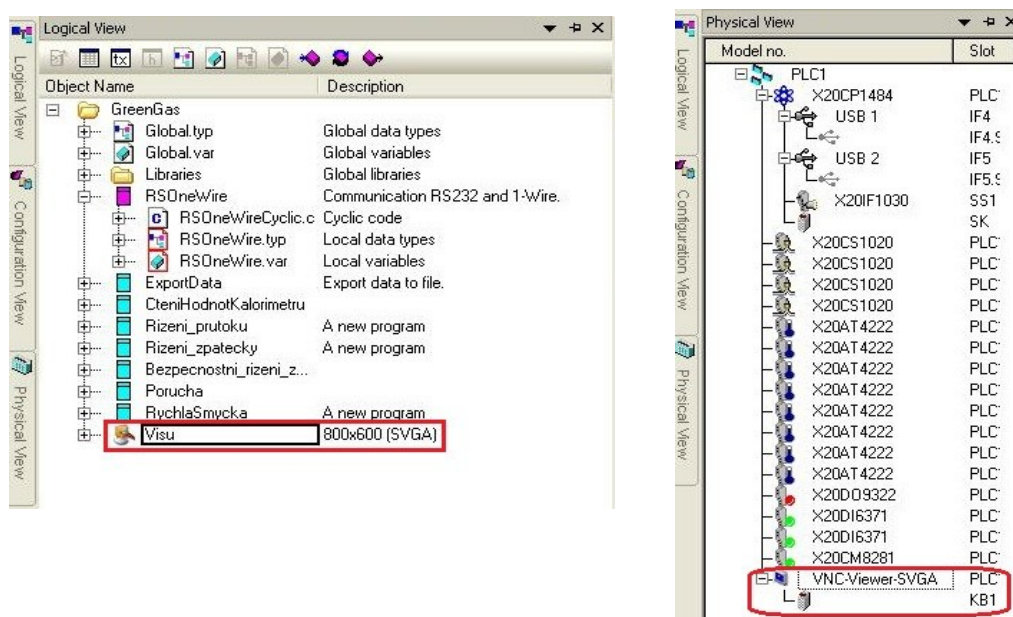
Vývojové prostředí Automation Studio™ je software společnosti Bernecker & Rainer (B&R). V tomto prostředí jsou realizovány programy pro obsluhu PLC a řízení systému tepelných vrtů včetně grafické lokální vizualizace nahané společně s řídicím programem do PLC X20.

Pro chod celého systému v areálu firmy Green Gas DPB, a.s. v Paskově je použito jedno PLC B&R X20, které obsahuje program tvořený týmem lidí z VŠB-TU Ostrava. Jednou složkou tohoto programu je také lokální vizualizace nahraná v paměti PLC.

5.1.1 Konfigurace PLC pro chod vizualizace

Aby bylo možné vizualizaci použít, je třeba nejdříve konfigurovat PLC tak, aby bylo schopno ji rozpoznat a obsluhovat. Důležitým faktorem je dostupnost řídicího programu řízení systému tepelných vrtů pro PLC, na něž lokální vizualizace navazuje.

V případě konfigurace PLC pro vizualizaci, je v první řadě potřeba vytvořit objekt grafické vizualizace, který obsahuje vlastní implementaci vývojového prostředí pro grafické vizualizace a komponenty k tomu potřebné. Dále vytvořit zobrazovací grafický panel VNC Viewer™ v požadovaném rozlišení (zde je potřeba zadat adresu modulu a spojení s názvem vizualizace), popřípadě pro potřebné zobrazovací zařízení pro tuto vizualizaci.

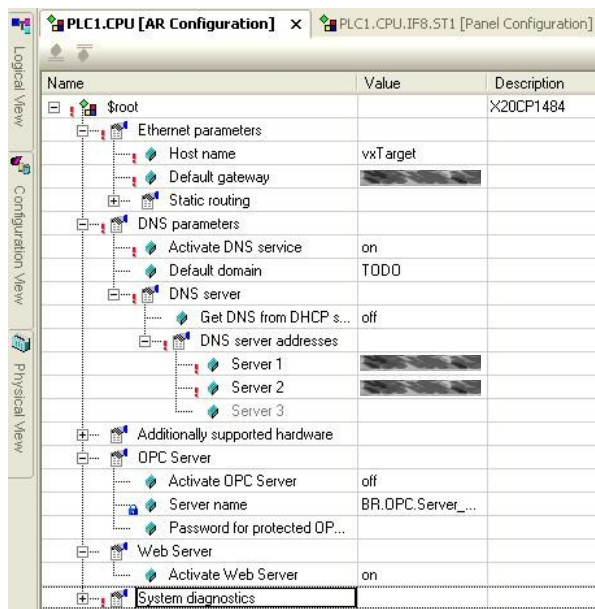


Obr. 36 Konfigurace pro vytvoření vizualizace v PLC

Zdroj: Vlastní

5.1.2 Konfigurace komunikace PLC a vizualizace

Aby bylo PLC schopno komunikovat s uživatelem pomocí VNC Viewer™ na dálku, je potřeba nastavit přístupové parametry této komunikace a to jak nastavením DNS Serverů a komunikační brány, tak zabezpečením přístupu do aplikace pomocí přístupových hesel.



Obr. 37 Nastavení komunikačních parametrů pro vzdálenou vizualizaci

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha G

Name	Value	Description
IF8.ST1		VNC SVGA
VNC parameters		
Max. connections	1	Maximum allowed number of concurrent connections to this VNC server
Refresh rate	1000	[ms] Time between refreshes of the remote display
Connection timeout	4	[s] Time until server is closed if client doesn't respond
Title		Title of VNC client window
Passwords		
View only		Password for view only access to this VNC server
View and control		Password for view and control access to this VNC server

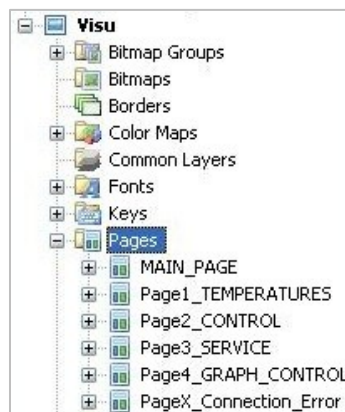
Obr. 38 Nastavení přístupových parametrů připojení ke vzdálené vizualizaci

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha G

Vizualizace je rozdělena podle přístupových hesel na dvě možné relace na stejném VNC Serveru a to „View“ a „View and Control“. První relace umožňuje přístup do vizualizace pouze s obrazem bez možnosti provádění úprav či zásahu do systému, druhá relace pak tyto úpravy či zásah do systému dovoluje. Zadáním příslušného přístupového hesla se definuje, která relace bude po confirmaci spuštěna. Pro přístup do každé relace je vyžadováno jiné přístupové heslo.

5.1.3 Realizace vizualizace v Automation Studio™

Samotná lokální vizualizace je rozčleněna do několika pracovních oken, v nichž je zobrazeno potřebné množství informací a událostí o chodu systému a možnosti na tyto události reagovat zásahem do systému.



Obr. 39 Rozčlenění lokální vizualizace do několika pracovních oken

Zdroj: Vlastní

Tyto okna jsou viditelná při připojení k vzdálené vizualizaci v PLC pomocí VNC Viewer™. Při připojení do relace se jako první zobrazí úvodní okno s možnostmi dalších kroků.

HLAVNÍ OKNO:

Naskočí defaultně jako uvítací okno při připojení do relace vizualizace. Obsahuje pouze titulní logo a možnosti přepnutí do jiných pracovních oken. Nemá žádnou specifickou funkci pro činnost aplikace.

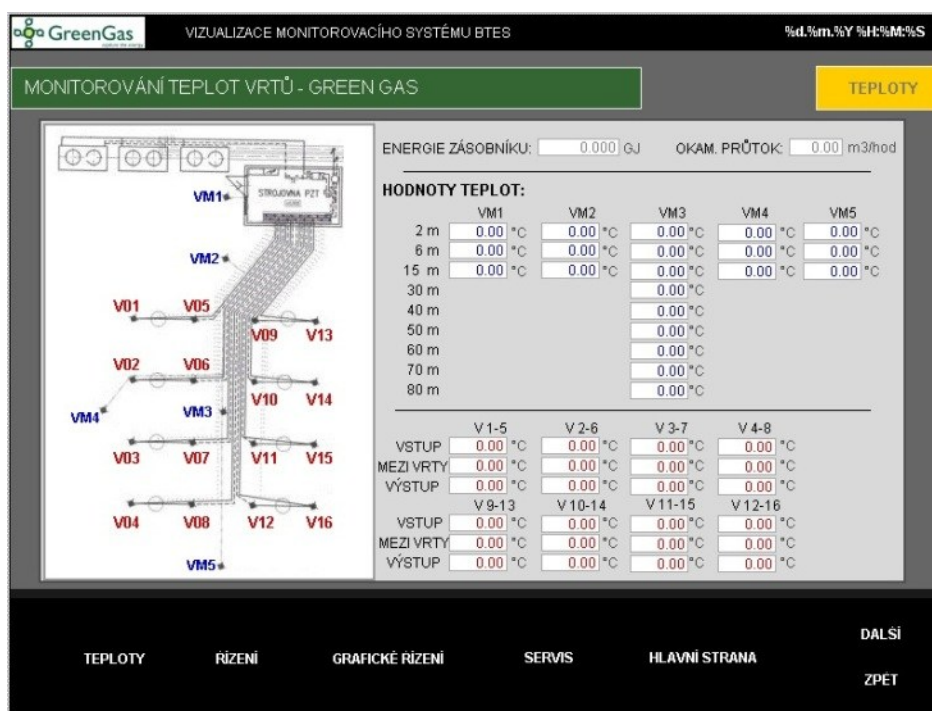


Obr. 40 Defaultní okno při připojení do vizualizace

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha H

MONITOROVÁNÍ TEPLOT VRTŮ:

Pracovní okno pro monitorování teplot vrtů zobrazuje informativní stav o teplotách ve všech měřených vrtech systému tepelných vrtů. Obsahuje informace o teplotách ze dvou typů teplotních snímačů a to z digitálních teplotních čidel Dallas mezi vrty VM1 až VM5 a analogových teplotních senzorů Pt1000 mezi vrty V1 až V16. Dále jsou zde uvedeny hodnoty o okamžitém průtoku teponosného média a okamžité hodnotě energie uchovávané v zásobníku.



Obr. 41 Okno pro monitorování teplot ve vrtech

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha H

Informace jsou zobrazeny v datových polích zobrazující proměnné číselného tvaru, rozmístěných tak, aby reprezentovaly reálnou posloupnost a zároveň také hloubku umístění senzorů. Pro představu je připojen diagram reálného plošného rozmístění (pohled shora) měřených vrtů v areálu firmy Green Gas DPB, a.s., podrobnější informace a dokumentace je přiložena v příloze.

OKNO OVLÁDÁNÍ SYSTÉMU TEPELNÝCH VRTŮ:

Pracovní okno pro ovládání systému tepelných vrtů obsahuje informace o chodu důležitých zařízení celého systému a o aktuálních fyzických stavech, ve kterých se systém nachází, jako například zda jsou spuštěny potřebné součásti pro korektní provoz, dále také ovládací prvky pro řízení chodu některých zařízení systému, například spouštění čerpadel či chladicích ventilátorů.

GreenGas VIZUALIZACE MONITOROVACÍHO SYSTÉMU BTES %d.%m.%Y %H:%M:%S

MONITOROVÁNÍ TEPLŮT VRTŮ - GREEN GAS OVLÁDÁNÍ

INFO O CHODU

Nabíjení zásobníku: 0

Vybíjení zásobníku: 0

Stav čerpadla č.1: 0

Stav čerpadla č.2: 0

ENERGIE ZÁSOBNÍKU: 0.000 GJ

POZNÁMKA: 1 = zapnuto ; 0 = vypnuto

OVLÁDACÍ PANEL PROCESU

Aktivace čerpadla č.1 : 0 NASTAV

Aktivace čerpadla č.2: 0 NASTAV

Aktivace ventilátoru 1 : 0 NASTAV

Aktivace ventilátoru 2 : 0 NASTAV

Aktivace ventilátoru 3 : 0 NASTAV

Automatické řízení ventilátoru: 0 NASTAV

Zadaný rozdíl teplot v chladicím okruhu 0 °C

Zadaný průtok čerpadla č.1: 0 m3/hod

POZNÁMKA: 1 = zapnuto ; 0 = vypnuto

TEPLOTY ŘÍZENÍ GRAFICKÉ ŘÍZENÍ SERVIS HLAVNÍ STRANA DALŠÍ ZPĚT

Obr. 42 Okno pro ovládání systému

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha H

Ovládací okno je rozděleno do dvou částí, přičemž jedna část je informační a druhá část je řídicí.

Informační část slouží pouze pro získání povědomí o aktuálních stavech systému, jedná se o stavy tepelných čerpadel č.1 a č.2, a dále pak zda je systém vrtů ve stavu nabíjení či vybíjení. Do těchto hodnot obsluha z vizualizace nemá možnost zasahovat.

V řídicí části lze vidět taktéž, v jakých stavech se vyskytují další části systému, avšak zde je pro obsluhu možnost tyto komponenty spouštět či vypínat dle potřeby.

SERVISNÍ OKNO:

Servisní okno důležité pro obsluhu ke zjišťování poruchových stavů. V tomto okně se zobrazují důležité informace o vzniklých chybách a jejich výskytech. Pro potvrzení chybové hlášky je využita funkce kvitování poruchy, pomocí které bereme na vědomí výskyt chyby. Dále pak ovládání funkce měřicích modulů, na které jsou připojeny snímače teplot ve vrtech a které vyhodnocují teplotu ve vrtech.

The screenshot displays the 'SERVISNÍ OKNO' (Service Window) for the GreenGas system. The interface is divided into several sections:

- MONITOROVÁNÍ TEPLOT VRTŮ - GREEN GAS**: The main title of the service window.
- NASTAVENÍ MEZNÍCH HODNOT** (Setting of limit values):
 - MINIMÁLNÍ TEPLOTA ZPÁTEČKY: 75 °C
 - KRITICKÁ TEPLOTA ZPÁTEČKY: 68 °C
 - NUTNOST UPOZORNĚNÍ EMAILEM: 0
 - STAV UPOZORNĚNÍ: SMTP SENDING OFF
- CHYBOVÉ STAVY** (Error states):
 - PORUCHA: 0
 - PORUCHA VENTILÁTORU: 0
 - PORUCHA ČERPADLA Č.1: 0
 - NIZKY TLAK PRIMÁRNÍHO OKRUHU: 0
 - NIZKY TLAK CHLADÍCÍHO OKRUHU: 0
 - KVITOVÁNÍ PORUCHY: 0 (with NASTAV button)
 - MĚŘENÍ TEPLOT VM VRTŮ: 0 (with NASTAV button)
- CHYBOVÉ ZPRÁVY** (Error messages):
 - 03.04.2012 12:20:08; Nastala chyba při vyřítání teploty VM2_6.
 - 03.04.2012 12:15:00; Nastala chyba při zápisu do souboru se záložními daty.
- POZNÁMKA:** 1 = zapnuto ; 0 = vypnuto

At the bottom, there is a navigation bar with buttons: TEPLOTY, ŘÍZENÍ, GRAFICKÉ ŘÍZENÍ, SERVIS, HLAVNÍ STRANA, DALŠÍ, and ZPĚT.

Obr. 43 Servisní okno

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha H

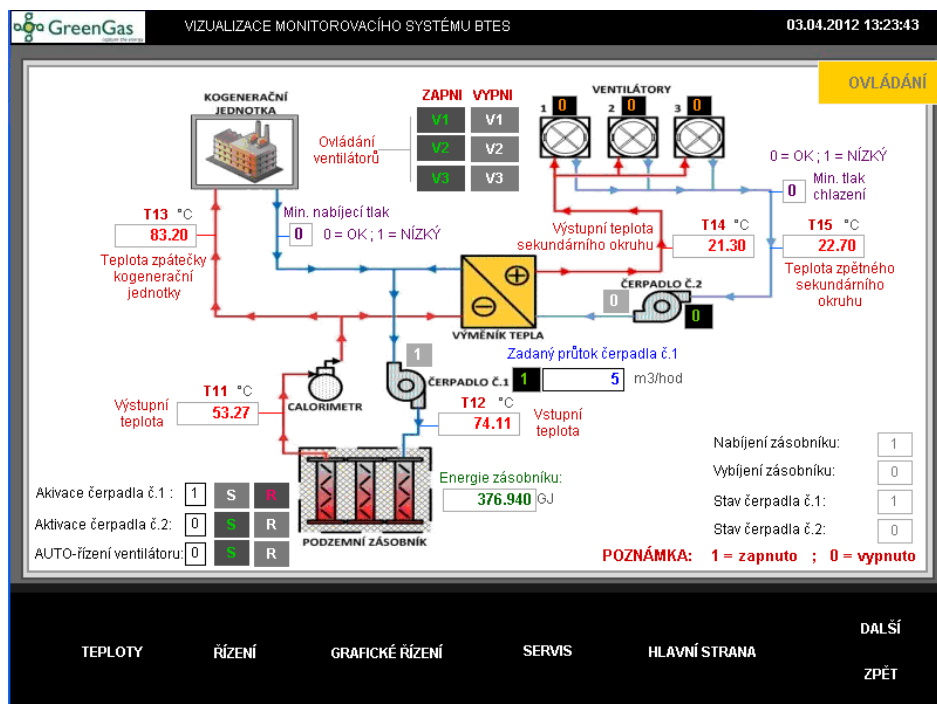
V případě výskytu některé z chyb systému je tato chyba zobrazena ve spodní části tohoto okna v panelu chybových zpráv. Po potvrzení poruchy kvitovacím tlačítkem, tyto vypsane chybové hlášky zmizí.

V levé části servisního okna jsou dva upozorňující ukazatele na mezní teploty média ve zpětném okruhu systému.

V pravé části servisního okna jsou informační ukazatele o stavu poruch v systému nebo kritických hodnot tlaku v primárním a chladícím okruhu. Pro potvrzení stavu poruchy je zde kvitovací tlačítko a tlačítko pro změření teplot ve výzkumných vrtech.

OKNO GRAFICKÉHO OVLÁDÁNÍ:

Okno grafického ovládání je rozšíření okna ovládání o grafický koncept, znázorňující, ve kterých místech se měřené aktuální hodnoty nacházejí. Obsahuje informace o chodu důležitých zařízení celého systému a o technologických stavech, ve kterých se systém aktuálně nachází jako například zda jsou spuštěna potřebná zařízení, a také ovládací prvky pro ovládání chodu některých zařízení systému, například spouštění čerpadel.



Obr. 44 Okno grafického ovládání

Zdroj: Vlastní, viz. Příloha H

Pro ovládání čerpadel č.1 a č.2 jsou ve spodní části ovládací prvky zároveň znázorňující stavy, ve kterých se obě čerpadla nachází. Pro ovládání chladících ventilátorů jsou ovládací prvky umístěny v horní části poblíž znázornění chladících ventilátorů.

OKNO CHYBY SPOJENÍ:

V případě, že se vyskytne chyba spojení, při již probíhající komunikaci přes VNC Viewer™, objeví se upozorňující výstražné okno s hláškou o této skutečnosti. V této situaci nelze ovládat vizualizaci a je potřeba opětovat spojení.

5.2 Zobrazení vizualizace pomocí VNC Viewer™

Pro připojení na vzdálenou plochu, v našem případě virtuální, jelikož se připojujeme k PLC a to žádnou plochu nemá, využíváme program VNC Viewer™, což je software společnosti Real VNC®. Tento software, skládající se ze dvou částí, umožňuje pomocí VNC Serveru připojení k vzdálenému zařízení a zobrazit či sdílet pracovní okna (plochy) nezávisle na operačním systému či architektuře zařízení (tedy i PLC, smartpohne apod.) zobrazené následně v okně VNC Viewer™. Tedy VNC Server slouží ke zprostředkování spojení, generování obrazu a k přenosu dat (příkazů) mezi zařízeními, zatímco VNC Viewer™ tento obraz vykresluje v okně (prohlížeči).



Zdroj: Vlastní

Připojení k PLC z PC pomocí VNC Viewer™ je jednoduché, je potřeba zadat pouze IP adresu VNC Serveru, což je adresa, kterou má PLC nastaveno při konfiguraci síťového spojení v Automation Studio™ (viz. Kapitola 5.1.2).

6. Nasazení a testování systému

6.1 Kontrola a notifikace nežádoucích stavů v reálném provozu

Pro kontrolu stálého korektního provozu systému měření teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla je využito několika kontrolních způsobů a následně několika způsobů notifikace.

V rámci řídicího programu PLC je implementována část programu pro využití kontroly chybových stavů nastalých v měřicím procesu a jejich zápis do textové podoby části obsahu předem definované struktury formátování emailové zprávy, která je z PLC odeslána prostřednictvím SMTP serveru na emailovou adresu příjemce elektronické pošty. Takto je řešena notifikace na kritické stavy měřicího procesu v rámci programu PLC. Podrobný popis konfigurace a funkce této části kontroly a notifikace je uvedena v kapitole **4.1 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí emailových zpráv s použitím PLC a SMTP**.

Dalším systémem nasazeným pro kontrolu a notifikaci na výskyt nežádoucích stavů v měřicím procesu je využití podpůrných funkcí použitého OPC klienta od společnosti Cogent OPC DataHub™, který umožňuje kontrolu přijatých dat z PLC v podobě stavů proměnných a jejich hodnot přes OPC Server, přičemž je nakonfigurován tak, aby na kritickou situaci reagoval odesláním emailové zprávy předdefinovanému příjemci na emailovou adresu. Odesílání emailových zpráv je zde řešeno jako záloha v případě, že by notifikační email nebyl odeslán z PLC. Emailové zprávy jsou zde přednastaveny, jejich zasílání lze kdykoliv dle potřeby aktivovat či deaktivovat, v případě že by byl požadavek zasílání emailu pouze z PLC lze tuto funkci v OPC DataHub™ kdykoliv deaktivovat, aniž by bylo nutné toto nastavení smazat, naopak lze deaktivovanou funkci opět kdykoliv povolit.

Obsah emailové zprávy odeslané z OPC DataHub™ není strukturou totožný se strukturou emailové zprávy odeslané z PLC, ale jejich obsah – upozornění na konkrétní událost výpisem chyby je stejný. Oba typy emailových zpráv jsou strukturově obdobné se stejným cílem – upozornit obsluhu systému na výskyt konkrétní chyby v systému.

Z OPC DataHub™ jsou také pravidelně zasílány emailové zprávy, které nejsou upozorněním na výskyt chyb v systému, ale pouze informativní emailové zprávy obsahující veškeré informace o systému měření teplot ve vrtech pro tepelné výměníky, strukturované do tabulkového výpisu všech stavů proměnných, tzn. hodnot naměřených teplot, poruchových stavů, či zapnutých mechanických částí systému. Testování zasílání emailových zpráv na emailovou adresu v případě nastalé kritické situace je funkční. Reálné odeslání a následné přijetí emailové zprávy funguje korektně. Více informací je uvedeno v kapitole **4.2 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí emailových zpráv s použitím OPC DataHub™**.

Speciálními tvary krátkých emailových zpráv posílaných na adresu mobilního čísla obsluhy je řešena notifikace pomocí krátkých textových zpráv SMS přímo obsluze na mobilní telefon. Testování zaslání SMS zprávy bylo testováno pro všechny typy operátorů v ČR, přičemž každý operátor má jiné podmínky pro použití této služby. Jak mi bylo při testování osobně potvrzeno oddělením T-Mobile spravujícím tuto oblast, tato funkce již není oficiálně podporována mobilním operátorem T-Mobile a v blízké budoucnosti se podobná funkce spouštět opět nebude. Délka a obsah SMS (upozornění se týká pokaždé všech kritických situací) zpráv se liší podle typu operátora. Kapitola zabývající se problematikou zaslání SMS zpráv z OPC DataHubTM, v níž jsou veškeré informace je **4.2.1 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí SMS zpráv s použitím OPC DataHubTM**.

Pro notifikaci pomocí textových zpráv byl k dispozici také GSM modem MC75i EDGE od firmy SECTRON, který využíval služeb mobilních operátorů pomocí SIM karty. Tento objekt byl jedním z možností jak realizovat notifikaci obsluhy pomocí textové zprávy SMS na výskyt nežádoucí situace v systému. Zde by bylo nutné řešit několik fází této problematiky a to automatické ovládání GSM modemu v případě výskytu poruchového stavu a to buď s připojením GSM modemu k PC, nebo s připojením GSM modemu k PLC. V případě řešení spojení s PC by byl pravděpodobně nutný další obslužný program, který by vyhodnocoval situaci, na kterou by musel posílat AT příkazy do GSM modemu. V případě spojení s PLC by bylo nutné zajistit korektní komunikaci PLC s GSM modemem a v dané situaci zasílat AT příkazy do GSM modemu. Řešení notifikace krátkými zprávami SMS za pomocí GSM modemu by v obou případech bylo momentálně časově i prakticky náročné, proto je notifikace pomocí SMS zpráv řešena za pomocí kontrolní funkce software OPC DataHubTM. Viz. kapitola **4.4 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí SMS zpráv s použitím GSM modulu**.

Pro možnost ovládání systému vrtů pro tepelná čerpadla bylo vytvořeno grafické vizualizace, která je implementována jako součást programu řídicího PLC. Tato vizualizace umožňuje sledování stavů, případně poruch probíhajících v reálném provozu a možnost ovládání některých řídicích komponent tohoto systému. Vizualizace se chová jako vzdálená plocha PLC. Řešení této části je vysvětleno v kapitole **5. Návrh a realizace lokální vizualizace**.

Nasazená vizualizace pracuje korektně a zobrazuje důležité informace o chodu systému, které jsou separovány do jednotlivých oken vizualizace podle jejich zařazení. Vizualizace tak plní funkci informační i ovládací komponenty programu PLC.

V reálném nasazení se tato vizualizace používá pro přehled o aktuálních naměřených hodnotách teploty v jednotlivých vrtech, akumulované energii v zásobníku tepelné energie, aktuálním průtoku přenosového média tepelné energie, získání povědomí o nastalých poruchách a na grafickém zobrazení celého systému o celkovém dění v systému. Z hlediska ovládání je vizualizace použita pro zadávání požadovaných hodnot, jako jsou průtok přenosového média tepelné energie, ovládání spouštění chladících ventilátorů, odpojování měřících modulů senzorů pro měření teplot ve vrtech, aktivace čerpadel či kvitování poruchových stavů.

7. Zhodnocení výsledků

Cílem této práce bylo analyzovat celý řetězec měření teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla a zjistit, v kterých částech tohoto řetězce by mohlo docházet ke kritickým stavům při měření a ukládání těchto naměřených dat. Dalším stěžejním cílem bylo vytvoření zabezpečení, které by bylo schopno reagovat na případný výskyt poruchového stavu měřicího systému a upozornit tak na tento problém obsluhu systému a to jak emailovou zprávou, tak krátkou textovou zprávou SMS. Posledním cílem bylo vytvoření grafické vizualizace pro PLC B&R X20 implementované do řídicího programu PLC, pro ovládání systému měření teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla a získávání informací o aktuálních stavech měřicího procesu.

Provedená analýza se zabývala možnostmi výskytu poruchových stavů z hlediska měřicího řetězce pro získávání dat z tepelných čidel uložených ve vrtech a jejich možných poruch, možnosti výskytu poruchy při přenosu těchto hodnot z převodníků do PLC, možných poruchových stavů PLC, možnostech poruchy při přenosu dat z PLC do OPC Klient/Server a jejich možné poruchové vazby, možnostech poruchy při ukládání dat z OPC klienta do databázového systému a možnostech poruchy databázového systému. Rozbor těchto problematik je uveden v kapitole **3 Rozbor příčin výpadků při archivaci měřených dat**.

Pro řídicí PLC B&R X20 systému měření teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla byl, kolegy spolupracujícími na tomto projektu, realizován řídicí program pro řízení tohoto systému, měření a regulace v tomto systému, včetně komunikace s OPC Serverem/Klientem a zápisem do databáze.

Má účast na vytváření programu pro PLC spočívala v realizaci programu pro kontrolu kritických situací, vyhodnocení kritických situací a odeslání notifikační emailové zprávy v důsledku této události pověřené osobě na předdefinovanou emailovou adresu. Emailové zprávy jsou generovány přímo z PLC a zasílány přes poštovní server SMTP na emailovou adresu příjemce. Při realizaci této části docházelo během vývoje a testování k několika obměnám ve struktuře programu jak z hlediska vyhodnocování a odesílání emailových zpráv, tak v programech mých kolegů a jejich úprav pro ladění řídicího programu PLC z nichž tento program vychází. Z hlediska konfigurace byl časově náročný úsek pro vytvoření a testování první verze programu, která by umožňovala emailové zprávy odesílat. Se znalostmi, které mám ohledně generování emailových zpráv z PLC B&R X20 dnes, bych dokázal tuto dobu pro potřebné bádání a řešení této problematiky podstatně minimalizovat. Konkrétní informace o zasílání emailových zpráv z PLC jsou uvedeny v kapitole **4.1 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí emailových zpráv s použitím PLC a SMTP**.

Další účastí na vytváření programu na řídicím PLC tohoto systému byla realizace grafické vizualizace pro možnost řízení systému měření teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla a získávání aktuálních informací z tohoto systému. Tato vizualizace obsahuje několik vlastních oken, v nichž jsou separovány objekty podle zabývajících se problematiky daného okna. Byly zde vytvořeny okna pro grafické zjišťování aktuálních teplot v zemních vrtech, okna pro ovládání systému a jeho mechanických komponent, okno s grafickým znázorněním celého systému a jeho ovládáním a oknem s informacemi o možných poruchových stavech a jejich řešení. Implementovaná vizualizace využívá proměnných celého řídicího programu PLC a je zároveň jeho součástí, což je výhodou, jelikož nebylo potřeba dalšího softwaru pro realizaci takovéto vizualizace. Vytvořená vizualizace postačuje pro občasné nahlížení do chodu systému. V případě že by bylo nutné mít vizualizaci neustále v online režimu, bylo by vhodnějším řešením vytvoření samostatné vizualizace v některém ze sofistikovanějších softwarů k tomu určených (například Promotic - Microsys), které nabízejí mnohem více možností řešení takovéto vizualizace a jsou také pro trvalou obsluhu pohodlnější. Konkrétní informace o realizaci a nastavení grafické vizualizace pro tento systém jsou uvedeny v kapitole **5.1 Vizualizace v Automation Studio™**.

Při realizaci opatření pro upozornění na výskyt poruchových stavů v měřicím, vyhodnocovacím a zálohovacím řetězci bylo využito také dostupných služeb softwaru pro přenos dat OPC DataHub™, který je v systému kontroly využit jak pro další kontrolu stavů proměnných, tak pro odesílání notifikačních emailových zpráv a krátkých textových SMS zpráv. Konfigurace tohoto softwaru je provedena tak, aby přenášel naměřená data z PLC, OPC Serveru, vyhodnotil je, zda se v systému nenalézá hodnota proměnné mimo stanovený limit, či v systému nedochází k poruchovému stavu, na což by reagoval odesláním patřičné notifikace, a tyto data dále předal k uložení do databázového systému MS SQL 2008.

Takto lze reagovat i na poruchové či neočekávané stavy síťové komunikace a přenosu informací z a do OPC DataHub™, což ovšem vyžaduje další licenční rozšíření tohoto software. V případě zakoupení této licence by mohl OPC DataHub™ kontrolovat taktéž přenos a kontrolu dat do databázového systému MS SQL 2008, či kontrolu jiných důležitých systémových proměnných. Tento systém je jistě velkým zjednodušením řady řešení v otázce kontroly a přenosu dat. Kontrola a notifikace na chybové stavy v systému jsou otestovány a funkční. Jsou použity v reálném provozu pro odesílání notifikačních zpráv SMS. Podrobnější informace o této problematice jsou uvedeny v kapitole **4.2 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí emailových zpráv s použitím OPC DataHub™**.

Jak již bylo řečeno v kapitole zhodnocení výsledků, pro řešení notifikace pomocí krátkých SMS zpráv by mohlo být použito i externího GSM modemu. Práce s tímto zařízením byla korektně otestována a popsána v kapitole **4.4 Kontrola, vyhodnocení a indikace výpadku pomocí SMS zpráv s použitím GSM modulu**. Oproti řešení notifikace s využitím software OPC DataHub™ se jedná o zbytečně komplikované řešení pro tuto aplikaci. Pro práci s GSM modemem by bylo potřeba vyřešit několik rozsáhlejších fází řešení, aby bylo možné odesílat SMS zprávy automaticky v daných situacích. Jak bylo řečeno, bylo potřeba vyřešit, zda je výhodnější propojení GSM modemu s PC nebo PLC,

dále by bylo nutné řešení automatické komunikace mezi těmito zařízeními v návaznosti na vzniklou situaci – v případě řešení PC program pro kontrolu stavů na které reagovat a zaslání dávkových příkazů do zařízení, v případě PLC by se jednalo navázání komunikace s GSM modemem a zaslání příkazů pro řízení této komponenty včetně vzájemné komunikace se zpětnou vazbou na korektnost odeslání textové zprávy.

Řešení notifikace pomocí GSM modemu je užitečná aplikace, avšak sama o sobě časově a prakticky náročnější na korektní výsledek tohoto použití. Proto v rámci dostupných řešení bylo použito notifikací textovými zprávami pomocí dodatečného nástroje software OPC DataHubTM, kde bylo dosaženo obdobného výsledku notifikace.

Tato práce by měla napomoci k realizaci projektu měření a monitorování teplot a jiných hodnot v systému vrtů pro tepelná čerpadla v areálu společnosti Green Gas DPB, a.s. pro kontrolu a zjišťování informací o měřených stavech tohoto systému jak pomocí notifikačních zpráv tak grafickou vizualizací.

Seznam použité literatury

- [1] MUSIOL, Tomáš, ČERNOCH, Lukáš. *Systém pro měření a monitorování teplot hlubinných vrtů tepelných čerpadel Nové Auly VŠB-TU Ostrava: Semestrální projekt*. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008.
- [2] Doc.Ing KOZIOREK, Jiří, Ph.D., prof. Ing BUJOK, Petr, CSc., doc. Ing VRTEK, Mojmír, Ph.D., Ing. HÁJOVSKÝ, Radovan, Ph.D., Ing. VOJČÍNÁK, Petr, Ing. LÁTAL, Jan, Ing. KLEMPA, Martin. *Studie metodiky měření vlastností horninového masivu v návaznosti na efektivní provoz tepelných čerpadel: Publikace*. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011.
- [3] BRZEZINA, Petr, *Charakteristika čidla teploty PT 1000 : Katalogový list SENSIT* [online]
[cit. 2011-10-25]. Dostupné z www:
<http://www.sensit.cz/ke-stazeni/soubory/Pt1000_3850.pdf>
- [4] IVT Industrier AB, *Brochure Greenline : Katalogový list IVT Heat Pumps* [online]
[cit. 2011-11-12]. Dostupné z www:
<http://doc.ivt.se/download.asp?pt=files_en&fn=Brochure_Greenline_DE_Eng.pdf>
- [5] Bc. VAŠUT, Richard, *Vizualizační a informační systém pro teplotní monitoring vrtů: Diplomová práce*. VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011.
- [6] Ing. BÍLEK, Karel, *One tool, many targets – efektivita v automatizaci v podání B&R: Publikace časopisu Automa* [online]
[cit. 2011-11-17] Dostupné z www:
<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=27859>
- [7] Mgr. STIANKO, Martin, *OPC v průmyslové komunikaci: Publikace časopisu Automa* [online]
[cit. 2011-11-18] Dostupné z www:
<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=32378>
- [8] Ing. ČERNÝ, Miloš, *Zdroje nejistot a chyb při měření teploty v provozech: Publikace časopisu Automa* [online]
[cit. 2011-11-27] Dostupné z www:
<<http://www.odbornecasopisy.cz/download/au010354.pdf>>
- [9] Prof. Dr. Ing. POKORNÝ, Miroslav, Prof. Ing. NEVŘIVA, Pavel DrSc., Ing. ŠVÍGLER, Jan, CSc., *Elektronická měření a přístroje: Skripta*. VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2005.
- [10] SIEMENS AG, *Developer's Guide: SMS with the M20* [online]
[cit. 2012-3-14]. Dostupné z www:
<http://www.dhservis.cz/docs_soubory/sms_guide_v1.pdf>

- [11] SECTRON Wireless Technologies s.r.o, *MC75i EDGE Terminal datasheet.pdf* [online]
[cit. 2012-3-14]. Dostupné z www:
<<http://www.sectron.cz/produkty/12-gsm-aplikace/238-gsm-umts-modem/1156-mc75i-edge-terminal.html>>
- [12] SECTRON Wireless Technologies s.r.o, *MC75i EDGE Terminal User Manual.pdf* [online]
[cit. 2012-3-14]. Dostupné z www:
<<http://www.sectron.cz/produkty/12-gsm-aplikace/238-gsm-umts-modem/1156-mc75i-edge-terminal.html>>
- [13] SMSSolutions.net, *GSM Equipment nad Network Error Codes* [online]
[cit. 2012-3-16] Dostupné z www:
<<http://www.smssolutions.net/tutorials/gsm/gsmerrorcodes/>>
- [14] Cogent Real-Time System Inc., *OPC Data Logging: Store proces data in your database* [online]
[[cit. 2012-3-17] Dostupné z www:
<http://www.opcdatahub.com/Features/OPC_Logging.html>
- [15] ICP DAS Co., Ltd, *8430/8830/8KE4/8KE8 Ethernet I/O Unit User's manual.pdf* [online]
[cit. 2012-3-17] Dostupné z www:
<http://www.icpdas.com/products/PAC/i-8000/i-8KE4_8KE8.htm>
- [16] DH servis ©, *AT příkazy mobilních telefonů* [online]
[cit. 2012-3-18] Dostupné z www:
<http://www.dhservis.cz/dalsi/at_prikazy.htm>

2012

PŘÍLOHA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE



Jan Šmíd
VŠB-TU Ostrava
4.5.2012

Seznam příloh

A	Bod zadání bakalářské práce č.7	A-1/A-6
B	Výzkumné polygony MVP a VVP	B-1/B-3
C	Ideové schéma zapojení tepelných čerpadel (MVP)	C-1
D	Použité rozšiřující moduly PLC B&R X20	D-1
E	Webová a lokální vizualizace MVP	E-1/E-2
F	Lokální + webová vizualizace pro VVP	F-1
G	Konfigurace komunikace PLC a vizualizace	G-1
H	Reálné snímky nasazené vizualizace	H-1/H-3
I	Realizace grafické vizualizace v prostředí B&R AS	I-1
J	Specifikace GSM SECTRON MC75i EDGE	J-1
K	SIEMENS SMS Guide – Exampley užití AT příkazů	K-1/K-3
L	Ovládání GSM MC75i EDGE přes H-Terminal	L-1
M	Tabulka popisu chybových kódů při práci s GSM zařízením	M-1/M-4
N	Nastavení přenosu dat z PLC prostřednictvím OPC	N-1/N-2
O	Nastavení spojení přenosu dat s OPC DataHubTM	O-1/O-2
P	Konfigurace OPC DataHubTM pro odesílání notifikací	P-1/P-7
Q	Analýza příčin výpadků při měření a archivaci dat	Q-1/Q-2
R	Fotodokumentace realizace projektu pro měření teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla	R-1/R-6
S	Schéma technologického řetězce přenosu tepelné energie ve vrtech pro tepelná čerpadla v areálu Green Gas DPB	S-1
T	Realizace notifikace pomocí emailových zpráv z PLC	T-1/T2
U	Webová vizualizace monitorování teplot pro Green Gas	U-1/U2

Přílohy

A. Bod zadání bakalářské práce č.7

ROZŠÍŘENÝ ABSTRAKT BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ABSTRACT EXTENSION OF BACHELOR THESIS

Monitorování teplot ve vrtech pro tepelná
čerpadla

Temperature Measurement in Borehole Heat
Exchangers

2012

JAN ŠMÍD

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá rozbořem současného stavu a příčin výpadků měření teplot v geotermálních výměnících pro tepelná čerpadla včetně jejich přenosu na server, a dále pak návrhem a realizací opatření pro indikaci výpadků měření, včetně realizace lokální vizualizace systému v PLC. Tato práce je realizována ve spolupráci VŠB-TU Ostrava a soukromé společnosti Green Gas DPB, a.s.

Před realizací této práce již vznikly v areálu VŠB-TU Ostrava dva výzkumné polygony hlubinných vrtů, pro získávání obnovitelné energie a měření teplot v geotermálních výměnících, přičemž získaná energie je využita pro vytápění popřípadě klimatizování budovy Nové Auly umístěné v areálu VŠB-TU Ostrava.

V areálu soukromé společnosti Green Gas DPB,a.s., je realizován nový polygon hlubinných vrtů pro výzkumy spojenými s tímto projektem. Při realizaci tohoto projektu byl vytvořen tým studentů a pracovníků VŠB-TU, kteří v rámci svých diplomových a bakalářských prací řeší převážně softwarovým způsobem řízení, měření, diagnostiku, archivace dat, notifikace a ovládání tohoto systému, který bude sloužit pro užitnou a výzkumnou práci soukromé firmy Green Gas DPB,a.s. a výzkumnou činnost VŠB-TU Ostrava.

Při realizaci tohoto polygonu se vycházelo ze zkušeností nabitých při realizaci výzkumných polygonů v areálu VŠB-TU Ostrava.

Tato práce je jednou z částí řešení tohoto projektu pro monitorování teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla a jejich řízení. Samotným řešením této práce je několik klíčových úloh zabývajících se kontrolou systému, jeho grafické ovládání a notifikací na poruchové stavy, tedy klíčové body, které je nutné prozkoumat, analyzovat a vyřešit.

Před samotnou realizací některého z praktických řešení je potřeba analyzovat komplexní funkčnost systému pro měření teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla, princip funkce jeho komponent a analyzovat možnosti, které by mohly vést k výpadku měření nebo poruše systému. Tato analýza je důležitá pro následné řešení kontroly systému a možnosti na tyto situace co nejrychleji reagovat.

Výsledkem analýzy jsou informace o možnostech reálného výskytu poruchy při denním chodu systému v celém jeho měřicím a komunikačním řetězci. Z výsledků této analýzy pak dále vychází realizace dalších praktických bodů pro kontrolu systému a varování v případě výskytu poruchy systému dle této analýzy.

Pro nasazený řídicí systém programovatelného řídicího automatu (PLC) B&R X20, realizující řízení systému tepelných čerpadel, diagnostiku a měření dat a veškerou činnost s vykonáváním povelu obsluhy, je realizován řídicí program, rozčleněný do několika celků, zabývajících se vyhodnocováním a komplexním řízením celého systému. Tyto celky tvořící dohromady jednu linii řídicího programu, jsou výsledkem několika programátorů, kteří na realizaci tohoto programu pracovali.

Z mé strany zde přispívám jedním fragmentem programu realizujícím kontrolu poruchových stavů, vyhodnocených PLC a následné odeslání notifikací této skutečnosti kompetentním adresátům za pomoci emailové zprávy odeslané z PLC.

Řídicí program kontroluje měřené data, včetně komunikace senzorů a převodníků analogových veličin. V reakci této kontroly, kdy je kontrolována každá důležitá proměnná či stav komponent systému, je v případě nesouladu s požadavkem na tyto hodnoty vyslána notifikace o aktuálním problému pomocí emailové zprávy z PLC. Tato zpráva má předem konfigurovanou strukturu, do níž se vkládá mimo jiné i zápis vyhodnoceného problému systému. Vygenerovaná zpráva, v případě, že k tomu má povolení od PLC, a dále inicializační parametry pro odeslání zprávy a vyhledání adresáta jsou korektní, je odeslána prostřednictvím poštovního internetového protokolu pro přenos zpráv (SMTP) na předdefinované adresy příjemců. V případě přetrvání problému po dobu delšího časového úseku je vygenerována další emailová zpráva s notifikací.

Další varianta kontroly se nabízí v podobě vyhodnocování příchozích dat z OPC serveru, pomocí software OPC DataHub™, který je použit pro čtení dat odeslaných z PLC na OPC server a následně předání těchto dat k archivaci do připojeného databázového systému. Tento způsob verifikace je realizován jako alternativní způsob notifikace obsluhy na případnou chybu systému, obdobně jako u řídicího programu PLC. Zde se však využívá přístupu k datům, která jsou odesílána z PLC na OPC server. Odesílání emailové zprávy využívá taktéž služby protokolu pro přenos zpráv elektronické pošty (SMTP).

Konfigurace podmínek pro notifikaci emailovou zprávou je řešena principem kontroly povolených hladin konkrétních proměnných, v případě nastolení stavu, kdy hodnota hlídáné proměnné je mimo povolený rozsah, je odeslána emailová zpráva s informacemi o této události. Taktéž to platí v případě výpadku PLC či ztrátě komunikace s OPC serverem a přenosu dat z PLC. Obsahem této zprávy je popis konkrétní závady a doba kdy k této závadě došlo. V rámci této konfigurace jsou odesílány dva druhy emailových zpráv, notifikační zprávy chyb a pravidelný výpis hodnot všech sledovaných proměnných. Tyto pravidelné zprávy jsou odesílány pravidelně v nastaveném týdenním intervalu.

Stejným způsobem je zde možnost využít této kontroly také k odeslání notifikačních textových zpráv SMS, při stejné konfiguraci jako pro notifikaci emailovými zprávami. Využívá se zde odeslání emailové zprávy na emailovou adresu přiřazenou k mobilnímu číslu adresáta mobilním operátorem. Obsah této emailové zprávy je následně převeden na textovou podobu bez příloh a formátování a dále odeslána na telefonní číslo adresáta emailové adresy propojené s tímto telefonním číslem. Velikost obsahu zprávy je limitována povolenou délkou notifikační SMS zprávy mobilním operátorem. Tyto podmínky jsou různé pro každého mobilního operátora.

Jiná varianta upozornění na výskyt poruchy systému pomocí SMS zpráv je použití GSM modemu. Pro možnost odesílat notifikační zprávy standardními SMS zprávami z GSM sítě, je k dispozici GSM modem SECTRON MC75i EDGE se slotem pro klasickou SIM kartu. Tento GSM modem funguje obdobně jako mobilní zařízení obsahující SIM kartu a umí využívat její funkce pro příjem/odeslání SMS, práci s hovory, využití přenosu dat prostřednictvím GSM datových služeb.

GSM modem vykonává požadované funkce po zadání speciálních AT příkazů, na které reaguje vykonáním požadované funkce a zároveň potvrzením o vykonání. Bez zadání správného AT příkazu GSM modem na požadavky nereaguje.

GSM modem je schopný komunikovat s PC prostřednictvím portu USB či sběrnice RS232, pomocí níž je možné komunikovat také s PLC. Ovládání GSM modemu prostřednictvím PC manuálně je otestováno. Pro využití automatického zasílání SMS zpráv v případě výskytu poruchy v systému, by bylo potřebné realizovat další fragment řídicího programu PLC, který by komunikoval s GSM modemem a odeslal potřebný AT příkaz pro odeslání SMS zprávy adresátovi. Toto řešení s využitím GSM modemu pro notifikaci textovými zprávami SMS, není v současné době realizováno.

Pro možnost ovládání systému měření teplot ve vrtech pro tepelná čerpadla je v rámci dalšího bodu této práce realizace lokální grafické vizualizace. Tato lokální vizualizace je implementována do PLC jako součást řídicího programu. Smyslem této vizualizace je možnost občasné vizuální kontroly systému, získání informací o aktuálním dění v měřicím systému a možnost ovládání některých funkcí systému tepelných čerpadel v rámci této vizualizace.

Princip této vizualizace spočívá ve vytvoření virtuálního grafického panelu připojeného k PLC B&R X20. Konfigurací komunikace na patřičné IP adrese a realizace vizualizace pro PLC je poté klíčové pro vzdálené připojení k tomuto virtuálnímu panelu. Po připojení k vizualizaci PLC se virtuální monitor chová jako vzdálená plocha. K zobrazení vizualizace se využije softwaru pro síťový virtuální přenos obrazu VNC Viewer.

Lokální grafická vizualizace obsahuje 5 ovládacích oken a jedno varovné okno. Podle funkce jednotlivých oken je přizpůsoben jejich obsah. V oknech jsou zobrazeny informace o všech měřených veličinách v systému, je zde přehled o stavech jednotlivých zařízení systému, ovládací prvky některých zařízení systému, grafické schéma s aktuálními informacemi a možnosti ovládání některých zařízení systému, nebo také varovné alarmy.

Podrobnější popisy řešení jsou uvedeny v jednotlivých kapitolách této práce, zabývajících se daným bodem řešení podrobně.

Abstract

This bachelor's thesis handles the analysis of the current state and cause of measurement losses of temperatures in geothermal heat exchangers for heat pumps including their transfer to a server, and furthermore a proposal and implementation of the measures for the indication of measurement loss, including the implementation of a local visualization system in PLC. This thesis was carried out in conjunction with VŠB-TU Ostrava and the private company Green Gas DPB, a.s.

Before the fruition of this thesis, two research polygons of underground wells had already developed in the area of VŠB-TU Ostrava to obtain renewable energy and measure the temperatures in geothermal heat exchangers. At the same time, the obtained energy is used for heating or as the case may be air-conditioning of the Nová Aula building located at the VŠB-TU Ostrava.

In the area of the private company Green Gas DPB, a.s., a new polygon of underground wells has been built for research connected to this project. During the completion of this project, a team of VŠB-TU students and workers was created who, within the course of their master's and bachelor's theses, work mostly with a software means of driving, measurement, diagnostics, data archiving and control of the system, which will serve for research work of the private company Green Gas DPB, a.s. and research activities of VŠB-TU Ostrava.

Experiences from the earlier creation of the polygon in the area of VŠB-TU Ostrava were built upon in the creation of this new polygon.

This thesis is one of the pieces to solving this project for the monitoring of temperatures in wells for heat pumps and their driving. Several key tasks handling the checking of the system, its graphic control, and notification of defective states, meaning key points necessary to examine, analyze, and solve, are the sole solution to this thesis.

Before the implementation in itself of any of the practical solutions, it is necessary to analyze the complex functionality of the system to measure the temperatures in wells for heat pumps, the principle of the function of its components, and to analyze the possibilities which might lead to measurement loss or disrapture of the system. This analysis is important for the following solution of the checking of the system and the possibilities in these situations to react as quickly as possible.

Information about the possibilities of the real occurrence of failure during the daily operation of the system in its entire measurement and communication chain was the result of the analysis. The creation of other practical points for the checking of the system and warning in the case of the occurrence of a system failure according to this analysis also resulted from the outcomes of this thesis.

For an applied driving system of a programmable driving machine (PLC) B&R X20, implementing the driving system of the heat pumps, the diagnostics and measurement of data, and all activity with the performance of the service command, a driving program was created, divided into several pieces, handling the evaluation and complex driving of the entire system. These pieces

comprising together one line of the driving program are the result of several programmers who worked on the creation of this program.

From my side, I hereby contribute to one fragment of the program with the creation of the checking of failure states, PLC evaluations, and the subsequent sending of notifications of this event to addressees via email addresses from the PLC.

The driving program controls measured data, including the communication of the sensors and converters of analogue quantities. In reaction to this check, when every important variable or system component status is checked, if a discrepancy is detected, a notification is sent with the requirement for the values about the current problem using the PLC email notification. This message has in advance a configured structure, into which a record of the evaluated system problem is included, among other things. The generated message, in the event of its having permission from the PCL, and furthermore the initializing parameters for the sending of a message and searching of addressees are correct, is sent by means of a postal internal protocol for the transfer of messages (SMTP) to the predefined address of the recipients. In the event of the continuance of a problem for a longer period of time, another email message is generated with the message.

The configuration of the conditions for notification by email was completed with the principle of checking permitted surfaces of specific variables in order to establish their status; where the value of the monitor variable is outside the permitted scale, an email is sent with information about this incident. This is also true in the event of PLC failure or a loss of communication with the OPC server and the transfer of data from PLC. The content of this message is a description of the specific malfunction and the time at which the malfunction occurred. Within the bounds of this configuration, two types of emails are sent, notification messages of the errors and a regular statement of the values of all the observed variables. These regular messages are sent periodically at the settings of weekly intervals.

It is possible to use the same means of checking by sending notification text messages (SMS) through the same configuration as email notifications. The sending of emails is herein used by changing the emails to mobile phone numbers through the mobile phone operator. The content of this email is subsequently transferred to a text form without attachments and formatting and further sent to the telephone number of the addressee of the email address connected to the telephone number. The size of the content of the message is limited by the permitted length of a notification SMS by the mobile phone operator. These conditions are different for every mobile phone operator.

Another way of warning about the occurrence of a system malfunction through SMS is the use of a GSM modem. For the possibility of sending notification messages by standard SMS from the GSM network, the SECTRON MC75i Edge GSM modem with a slot for a classic SIM card is available. This GSM modem functions similarly to mobile equipment containing a SIM card and can use its functions for the receiving/sending of SMS, work with phone calls, and the use of data transfer through GSM data service.

The GSM modem performs the requested functions after entering special AT commands, to which it reacts by performing the requested functions and simultaneously confirming performance. Without entering the correct AT command, the GSM modem does not react to requests.

The GSM modem is capable of communication with a PC by means of the USB port or an RS232 bus, through which it is also possible to communicate with the PLC. Controlling the GSM modem manually through a PC has been tested. For the use of the automatic sending of SMS in the event of a system malfunction, it would be necessary to create another fragment of the PLC driving program which would communicate with the GSM modem and send the necessary AT command to send an SMS to the addressee. This solution with the use of a GSM modem for notification by SMS is still currently incomplete.

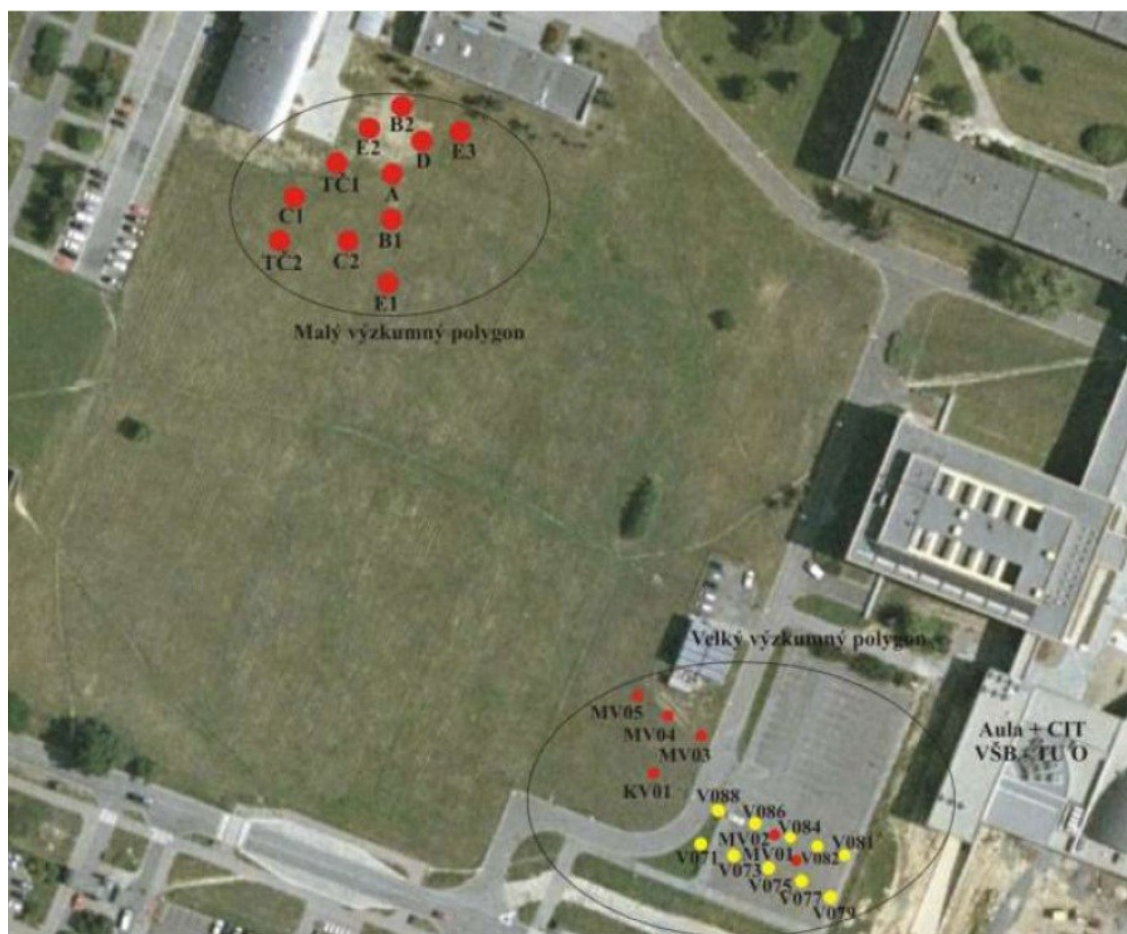
The completion of a local graphic visualization is within the bounds of a further point of this thesis for the possibility of controlling the system of temperature measurement in wells for heat pumps. This local visualization is implemented to the PLC as a component of the driving program. The sense of this visualization is the possibility of occasional visual checking of the system, the receipt of information about the actual happenings in the measurement system, and the possibility of controlling several functions of the system of heat pumps within the bounds of this visualization.

The principle of this visualization is based in the creation of a virtual graphic panel connected to the PLC B&R X20. Configuration communication on the proper IP address and completion of visualization for the PLC is thereafter key for remote connection to this virtual panel. After connecting to the PLC visualization, the virtual monitor acts like a remote screen. VNC Viewer Software for network virtual image transfer is used to display the visualization.

The local graphic visualization contains 5 control windows and one cautionary window. Their content is adapted according to the functions of individual windows. Information about all the measurement variables in the system is shown in the windows, as well as an overview of the status of individual pieces of the system, the control elements of several pieces of the system, a graphic diagram with current information, and the possibility of controlling several pieces of the system, or also warning alarms.

More specific descriptions of the solution are given in the individual chapters of this thesis, handling the given point of the solution in detail.

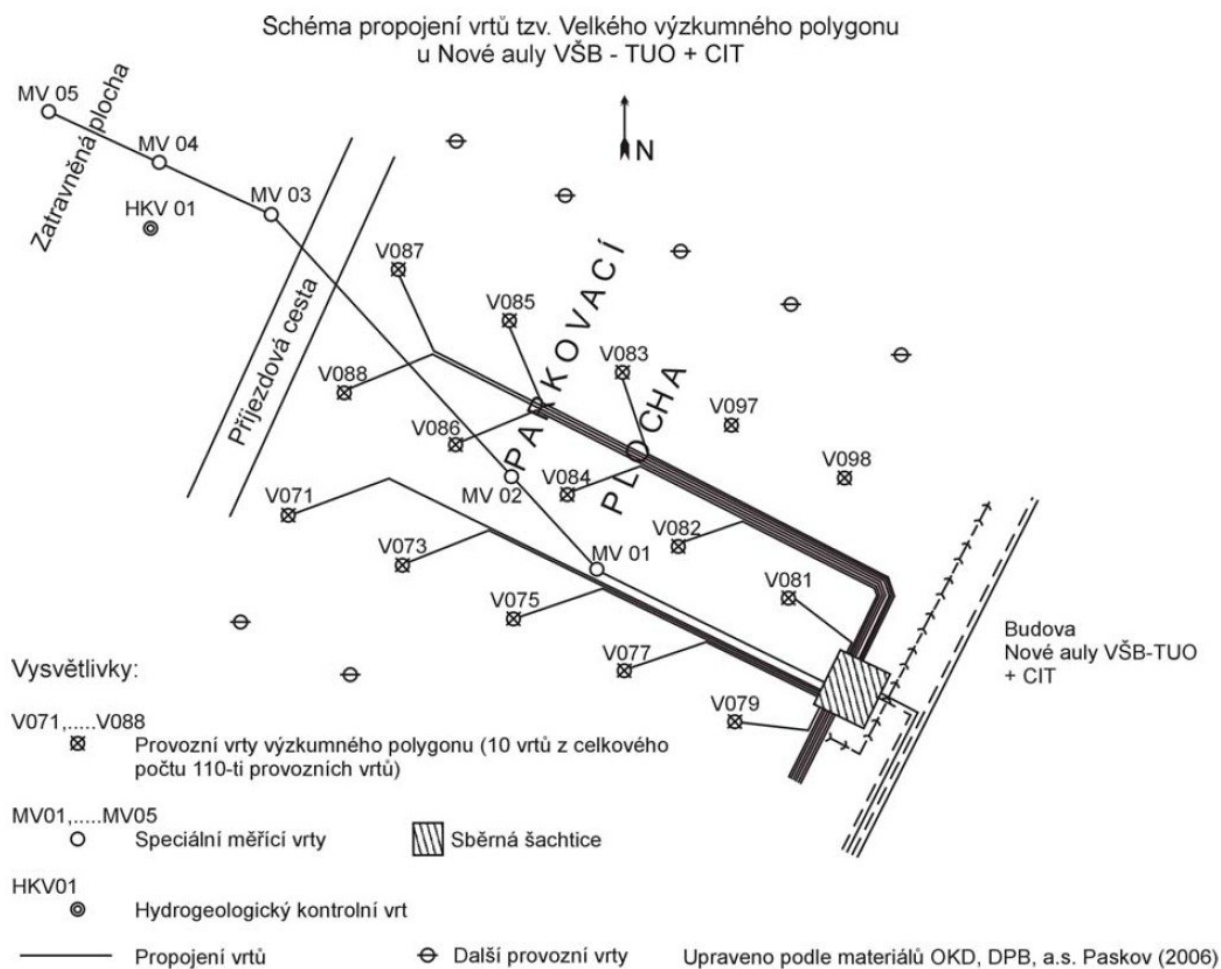
B. Výzkumné polygony MVP a VVP



Příloha Obr. 1 Rozložení polygonů MVP a VVP včetně jednotlivých vrtů v areálu VŠB-TU Ostrava

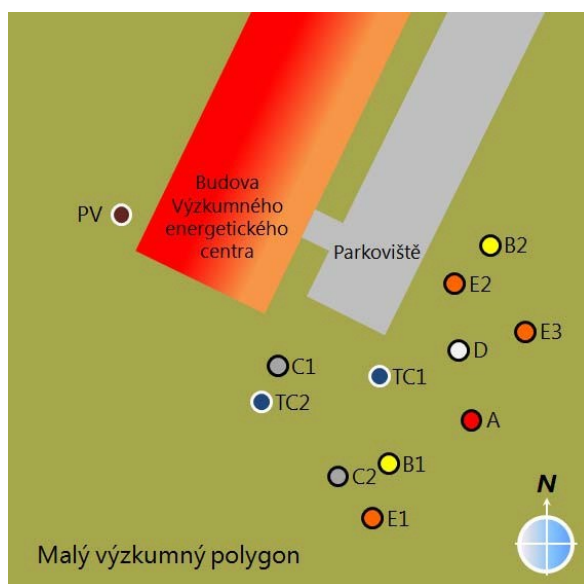
Zdroj: Vyhodnocení projektu – Výzkum teplotních změn horninového masivu (ochlazování – oteplování) při aplikaci tepelných čerpadel v lokalitě Nové auly + CIT VŠB-TU Ostrava (prof. Ing. Tomáš Čermák, CSc., 2007-2009)

- **Velký výzkumný polygon – VVP**

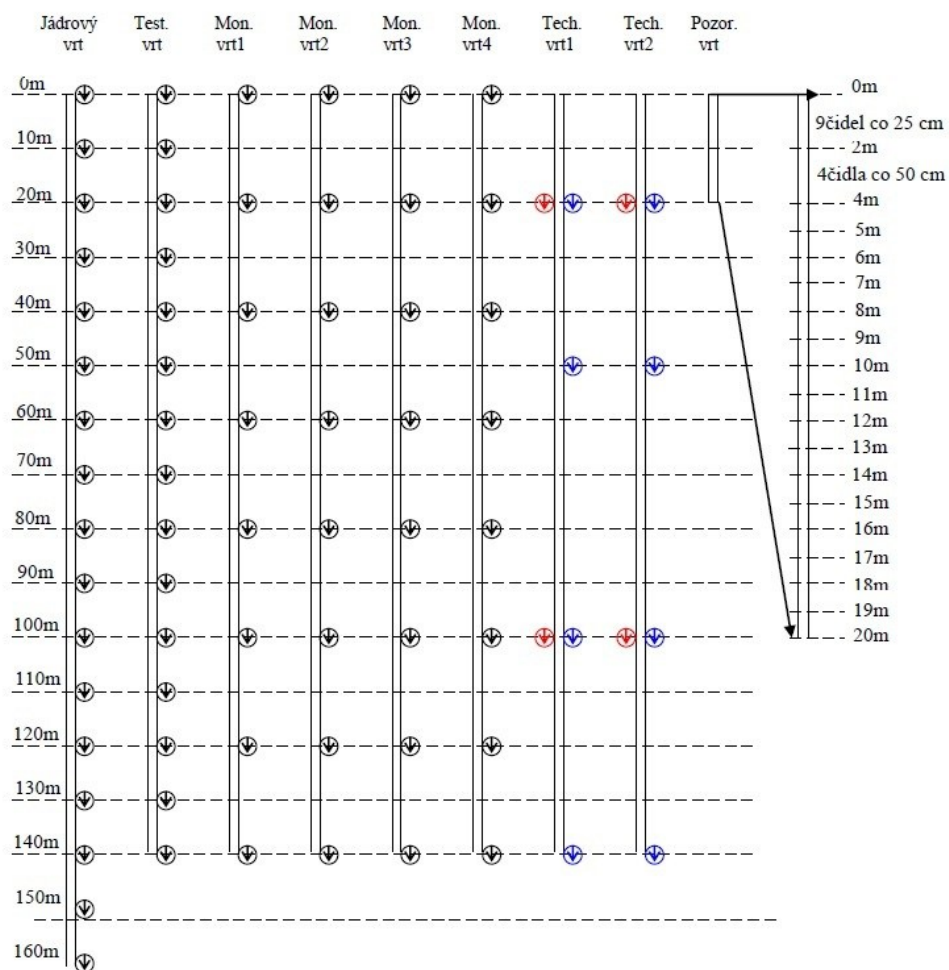


Příloha Obr. 2 Schéma velkého výzkumného polygonu (VVP)

- **Malý výzkumný polygon – MVP**

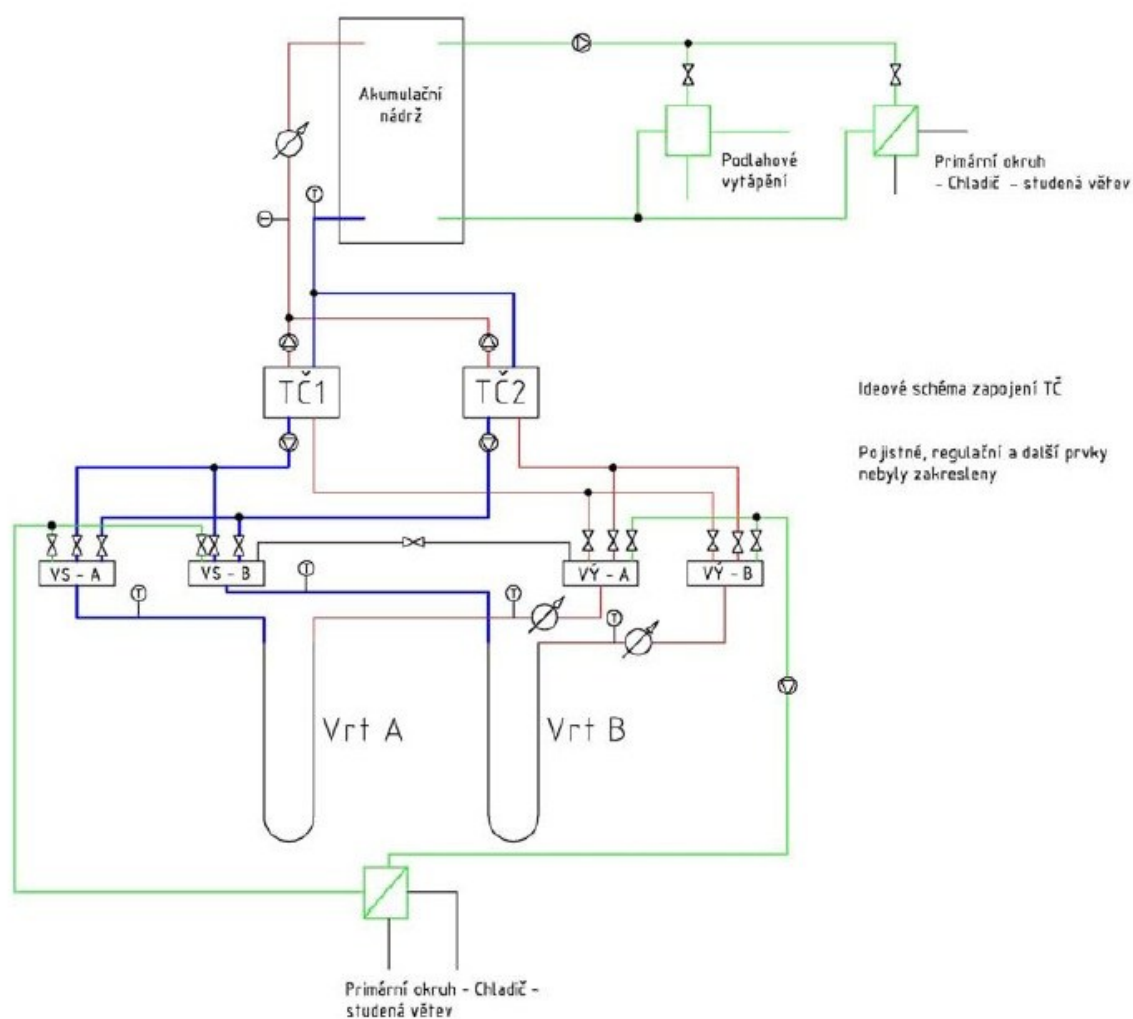


Příloha Obr. 3 Rozmístění hlubinných



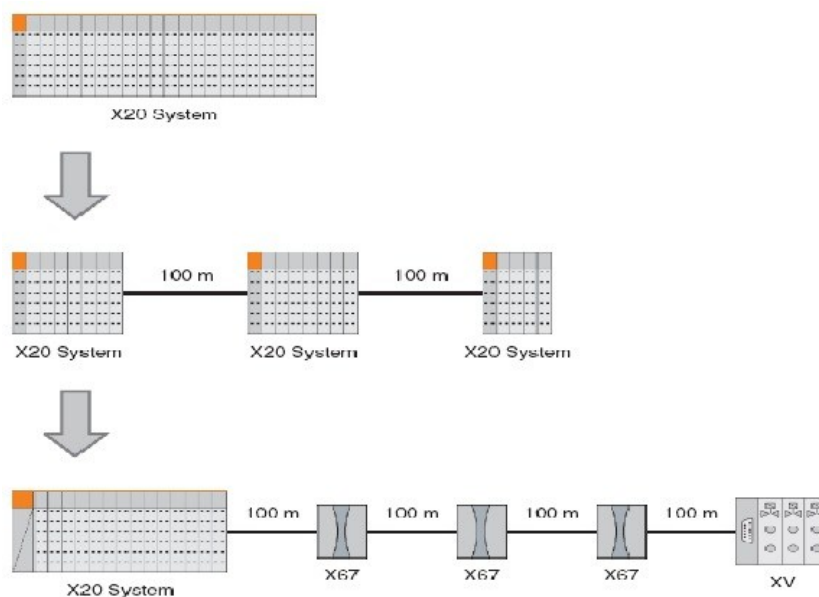
Příloha Obr. 4 Rozmístění teplotních čidel jednotlivých hlubinných vrtů MVP

C. Ideové schéma zapojení tepelných čerpadel (MVP)

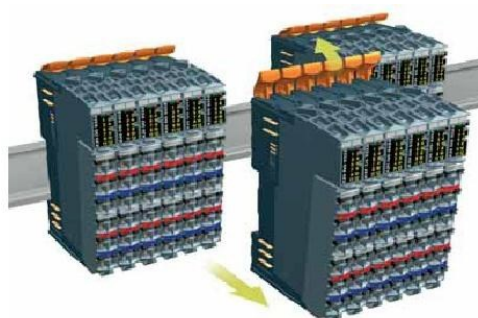


Příloha Obr. 5 Ideové schéma zapojení tepelných čerpadel na malém polygonu včetně umístění průtokoměrů a teplotních čidel

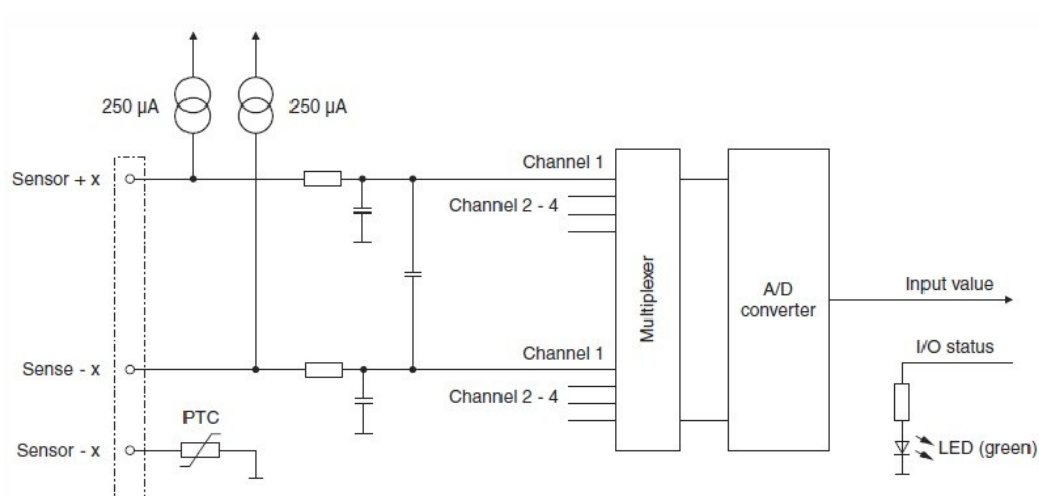
D. Použité rozšiřující moduly PLC B&R X20



Příloha Obr. 6 Sběrnice X2X Link

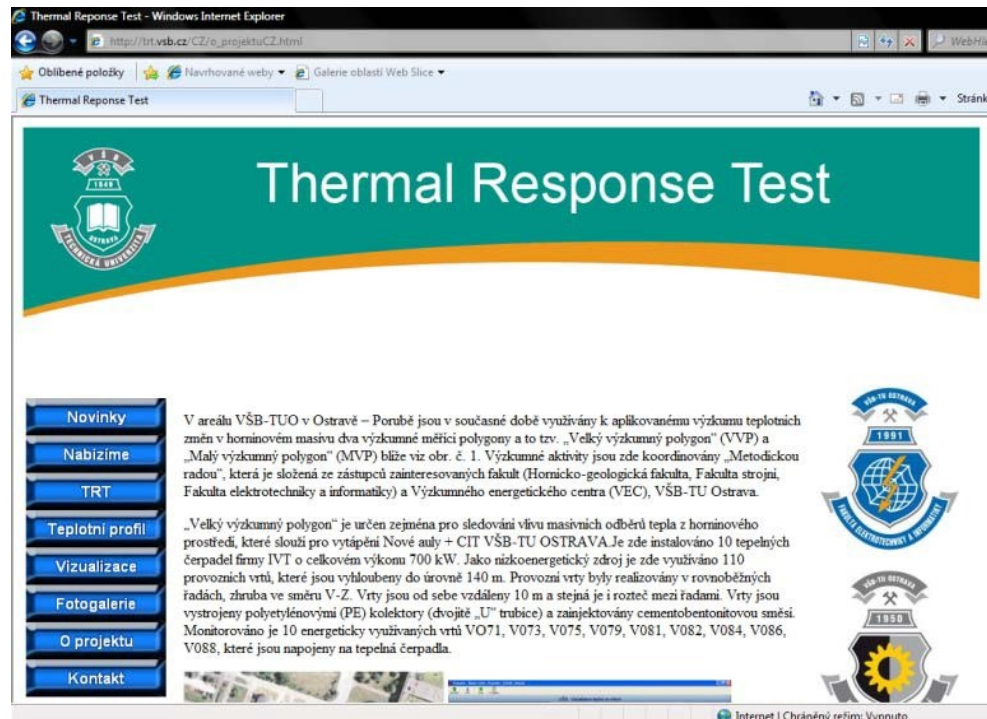


Příloha Obr. 7 Rozšiřující přídavné moduly X20AT4222 pro PLC X20

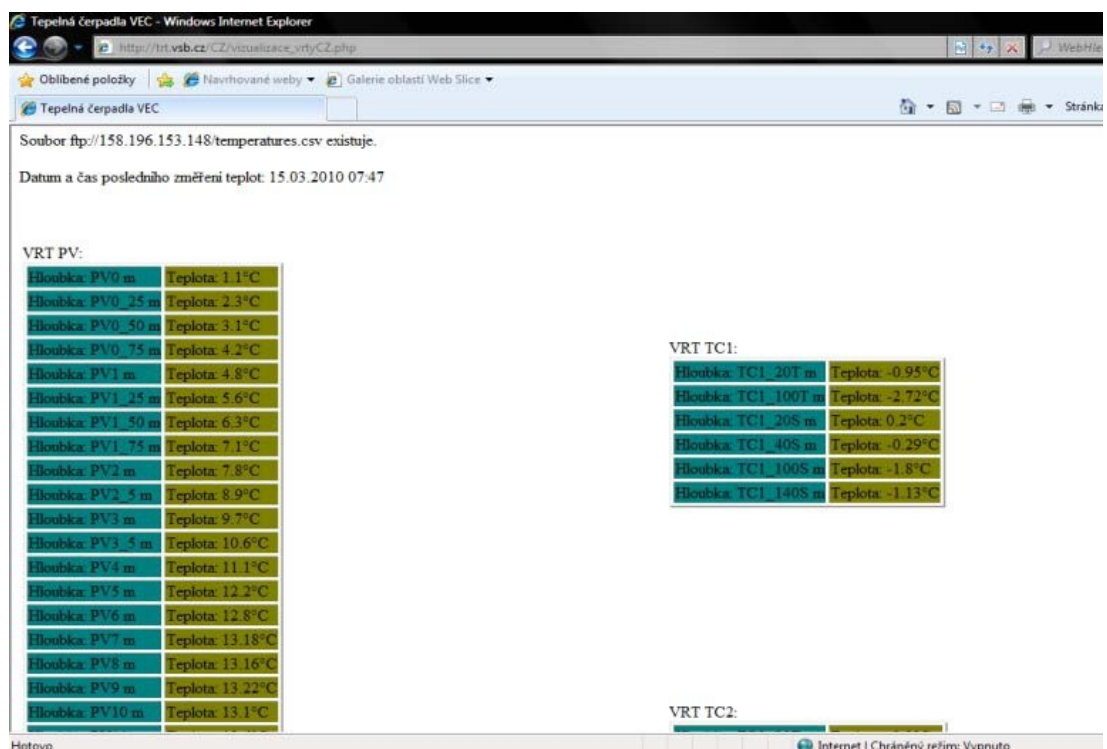


Příloha Obr. 8 Schéma zapojení vstupních části rozšiřujícího modulu pro měření teplot AT4222

E. Webová a lokální vizualizace MVP



Příloha Obr. 9 Hlavní obrazovka webové aplikace dostupné na adrese <http://trt.vsb.cz>



Příloha Obr. 10 Obrazovka webové aplikace určená pro tabulkovou vizualizaci teplot hloubkových vrtů na MVP

vyberte vrt MVP:

A ▼ Start

Soubor ke stažení:

▼

☒ vzorek/hod

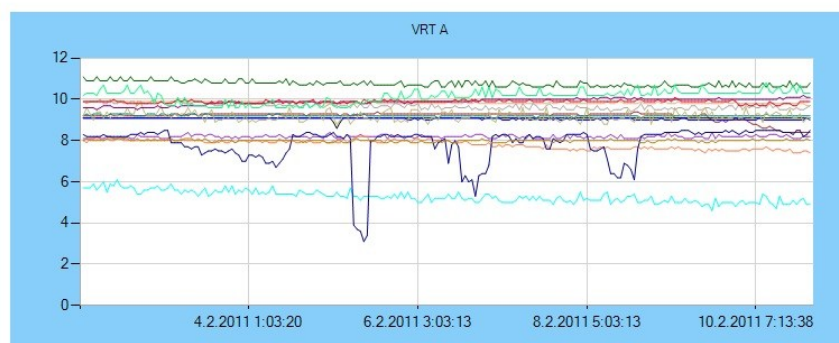
Zadejte počáteční datum

únor 2011						
po	út	st	čt	pá	so	ne
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13

Zadejte konečné datum

únor 2011						
po	út	st	čt	pá	so	ne
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13

- ☒ A_10m
- ☒ A_20m
- ☒ A_30m
- ☒ A_40m
- ☒ A_50m
- ☒ A_60m
- ☒ A_70m
- ☒ A_80m
- ☒ A_90m
- ☒ A_100m
- ☒ A_110m
- ☒ A_120m
- ☒ A_130m
- ☒ A_140m
- ☒ A_150m
- ☒ A_160m



Příloha Obr. 11 Příklad zobrazení webové vizualizace při monitorovaných hodnot MVP včetně konfigurace

Zdroj:[2]

F. Lokální + webová vizualizace pro VVP

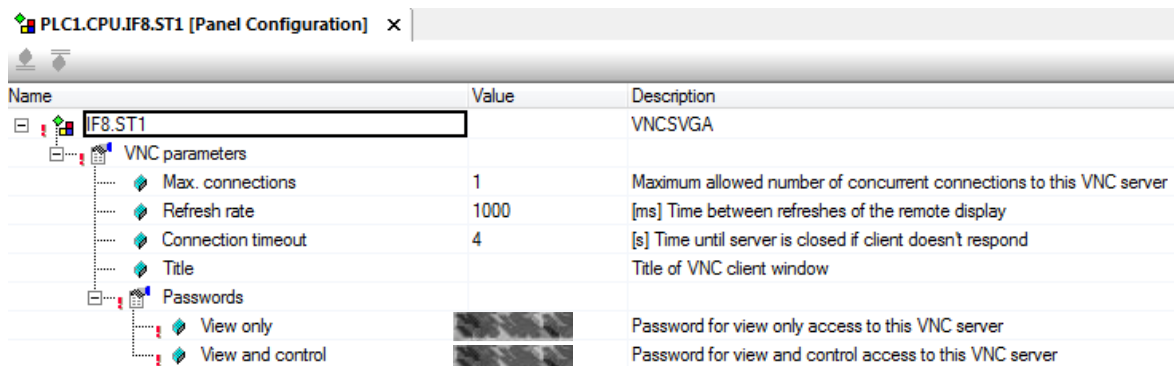
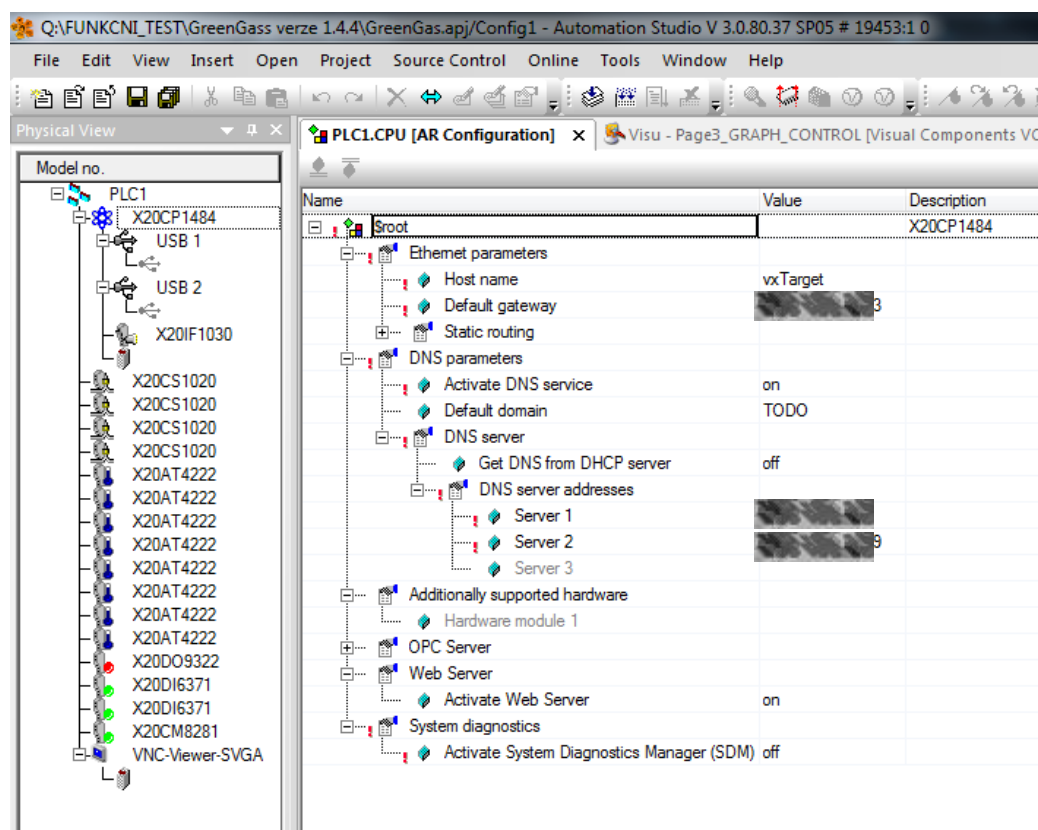


Příloha Obr. 12 Čelní panel lokální vizualizační aplikace VVP v prostředí Microsys Promotic

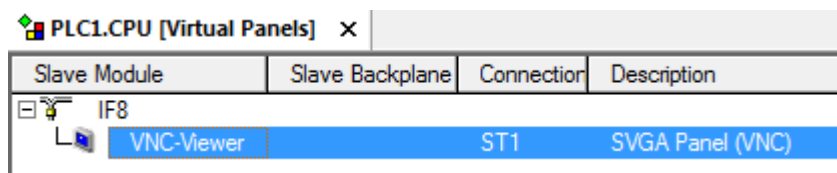


Příloha Obr. 13 Čelní panel webové vizualizační aplikace VVP zobrazené v prohlížeči Internet Explorer

G. Konfigurace komunikace PLC a vizualizace

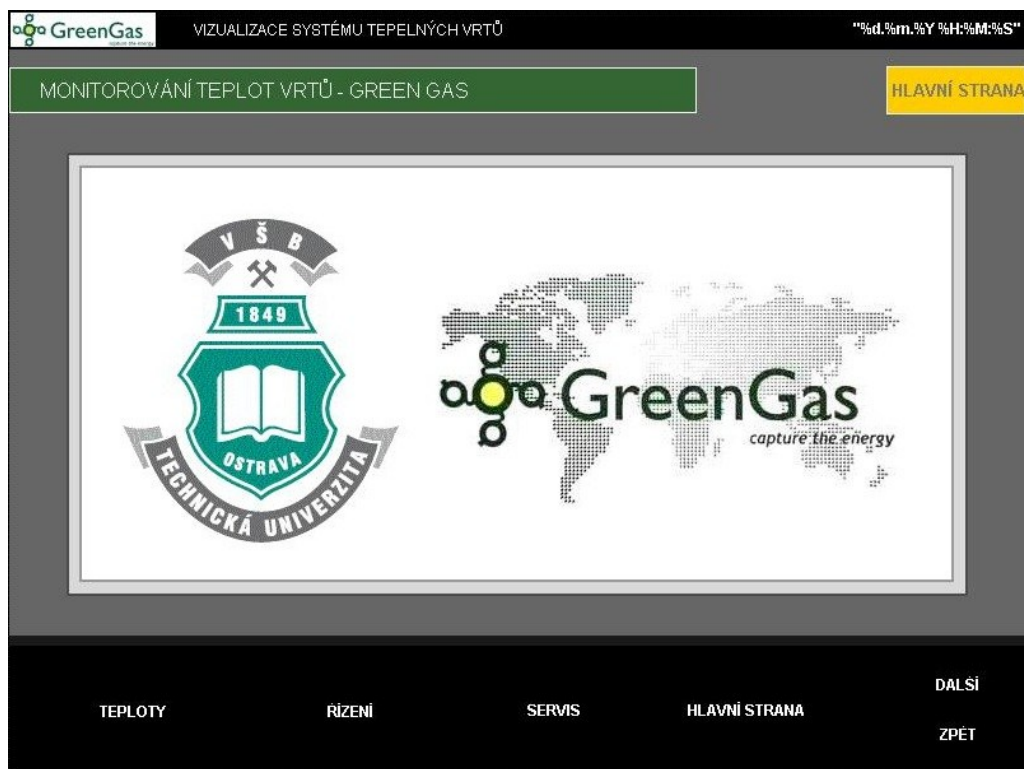


Příloha Obr. 14 Konfigurace a zabezpečení komunikace a PLC a vizualizace

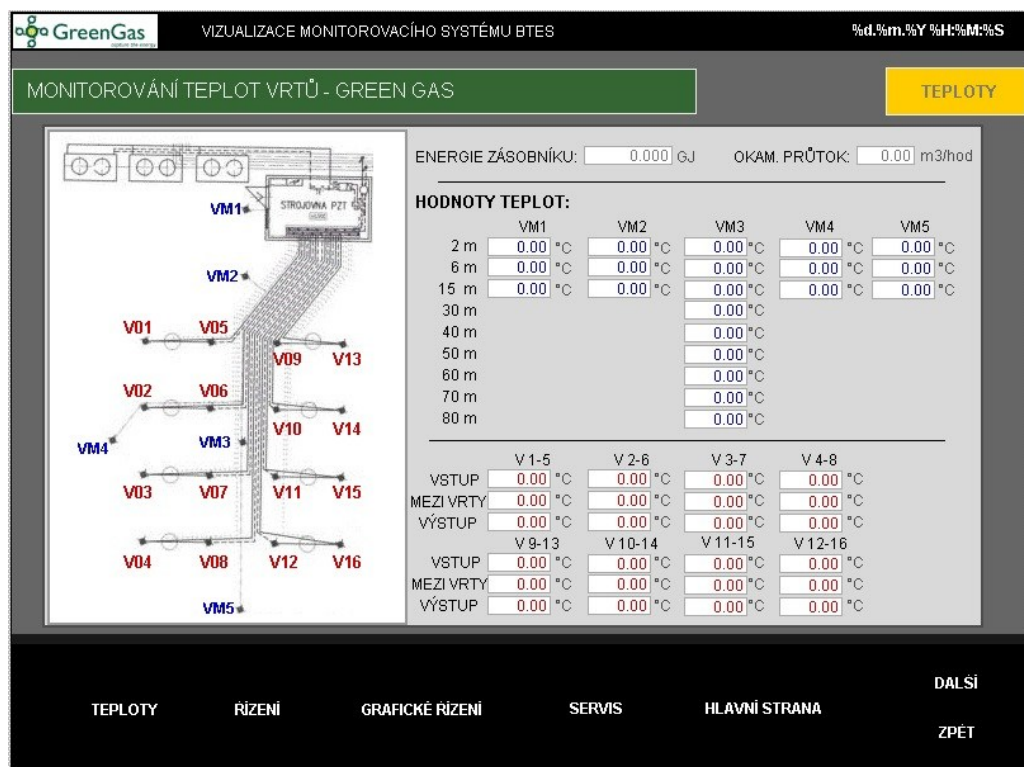


Příloha Obr. 15 Indikace připojení virtuálního zobrazovacího panelu implementovaného do PLC

H. Reálné snímky nasazené vizualizace



Příloha Obr. 16 Grafická vizualizace - Úvodní okno



Příloha Obr. 17 Grafická vizualizace - Informační okno měřených veličin ve vrtech



VIZUALIZACE MONITOROVACÍHO SYSTÉMU BTES

% d. % m. % Y % H: % M: % S

MONITOROVÁNÍ TEPLOT VRTŮ - GREEN GAS

OVLÁDÁNÍ

INFO O CHODU

Nabíjení zásobníku:

0

Vybíjení zásobníku:

0

Stav čerpadla č.1:

0

Stav čerpadla č.2:

0

ENERGIE ZÁSOBNÍKU:

0.000

GJ

POZNÁMKA: 1 = zapnuto ; 0 = vypnuto

OVLÁDACÍ PANEL PROCESU

Aktivace čerpadla č.1 :

0

NASTAV

Aktivace čerpadla č.2:

0

NASTAV

Aktivace ventilátoru 1 :

0

NASTAV

Aktivace ventilátoru 2 :

0

NASTAV

Aktivace ventilátoru 3 :

0

NASTAV

Automatické řízení ventilátoru:

0

NASTAV

Zadaný rozdíl teplot v chladicím okruhu

0

°C

Zadaný průtok čerpadla č.1:

0

m3/hod

POZNÁMKA: 1 = zapnuto ; 0 = vypnuto

TEPLoty

RÍZENÍ


GRAFICKÉ RÍZENÍ

SERVIS

HLAVNÍ STRANA

DALŠÍ

ZPĚT



VIZUALIZACE MONITOROVACÍHO SYSTÉMU BTES
03.04.2012 13:22:17

MONITOROVÁNÍ TEPLOT VRTŮ - GREEN GAS

SERVIS

NASTAVENÍ MEZNÍCH HODNOT

MINIMÁLNÍ TEPLOTA ZPÁTEČKY

75

°C

KRITICKÁ TEPLOTA ZPÁTEČKY

68

°C

NUTNOST UPOZORNĚNÍ EMAILEM

0

STAV UPOZORNĚNÍ

SMTP SENDING OFF

CHYBOVÉ ZPRÁVY

03.04.2012 12:20:08; Nastala chyba při vyřetání teploty VM2_6.
03.04.2012 12:15:00; Nastala chyba při zápisu do souboru se zálopními daty.

CHYBOVÉ STAVY

PORUCHA

0

PORUCHA VENTILÁTORU

0

PORUCHA ČERPADLA Č.1

0

NIZKY TLAK PRIMÁRNÍHO OKRUHU

0

NIZKY TLAK CHLADÍČÍHO OKRUHU

0

KVITOVÁNÍ PORUCHY

0

NASTAV

MĚŘENÍ TEPLOT VM VRTŮ

0

NASTAV

POZNÁMKA: 1 = zapnuto ; 0 = vypnuto

TEPLITY

ŘÍZENÍ

GRAFICKÉ ŘÍZENÍ

SERVIS

HLAVNÍ STRANA

DALŠÍ

ZPĚT

I. Realizace grafické vizualizace v prostředí B&R AS

The screenshot displays the B&R AS software interface for creating graphical visualizations. The main workspace shows a detailed schematic of a heating system. Key components include a boiler (KOGENERAČNÍ JEDNOTKA), pumps (ČERPADLO), and radiators (VÝMĚNÍK TEPLA). The diagram is color-coded with red for heating and blue for cooling. Digital readouts (DIs) show various parameters: temperatures (e.g., 113 °C, 114 °C, 115 °C), flow rates (e.g., 0.00 m³/h), and energy consumption (e.g., 0.00 GJ). The interface is organized with a top menu bar, a left sidebar for project navigation, and a right sidebar for object properties. The bottom status bar provides additional system information.

Properties Panel (Page3_GRAPH_CONTROL):

Name	Value
Name	Page3_GRAPH_C...
Index	3
StyleClass	default
Position	
Appearance	
Runtime	
Description	OKNO GRAFICKÉ...

Navigation Buttons: DALŠÍ, HLAVNÍ STRANA, SERVIS, GRAFICKÉ ŘÍZENÍ, ŘÍZENÍ, TEPLOTY, ZPĚT

Status Bar: tpio/RT=1000 /DAP=194.228.204.158 /CDA=0 /REPO=11159 /ANSL=1 OFFLINE

J.Specifikace GSM SECTRON MC75i EDGE

General features

Frequencies:	GSM 850/900/1800/1900 MHz	Power consumption:	Power down: 1.5 mA
GPRS:	multi-slot class 12	(at 12 V DC)	Idle mode: 30 mA
EDGE:	multi-slot class 12		Speech mode (average): 60 mA
Output power:	Class 4 (2 W) for EGSM 850 Class 4 (2 W) for EGSM 900 Class 1 (1 W) for GSM 1800 Class 1 (1 W) for GSM 1900	Temperature range:	EDGE class 12 (average): 200 mA Normal Operation -25 °C to +65 °C Restricted Operation -30 °C to +70 °C Switch off +80 °C Storage -40 °C to +85 °C
SIM Application Toolkit:	release 99	Dimensions, Weight:	73 x 30 x 83 mm, 165 g
TCP/IP stack:	access via AT commands	Housing:	Aluminum housing
Internet Services:	TCP, UDP, HTTP, FTP, SMTP, POP3		
Supply voltage range:	8 - 30 V DC, typ. 12 V DC		
Protection class:	IP42		

Transmission specifications

Specification for EDGE:	EDGE (E-GPRS) class 12, max. 236,8 kbps (DL and UL), Mobile station class B, Modulation and coding scheme MCS 1-9
Specification for GPRS:	GPRS class 12, max. 86 kbps (DL and UL), Mobile station class B, PBCCH support, Coding schemes CS 1-4
Specification for CS12:	Up to 14.4 kbps, V.110, USSD support, Non-transparent mode
Specification for SMS:	Point-to-point MO and MT, SMS cell broadcast, Text and PDU mode
Specification for fax:	Group 3, class 1

Interfaces

RF interface:	Antenna connector - SMA(f) 50 Ohm
Data interface:	USB 2.0 - Mini USB-B, S-pln connector RS232 - Cannon DB9 connector
Power interface:	Plug-in power supply, 8 - 30 V DC - RJ12 connector
SIM card interface:	SIM card interface 3 V or 1.8 V



Part Numbering

QM-MC75i MC75i EDGE Terminal

SECTRON s. r. o. Czech Republic
Vystavni 2510/10, 70900 Ostrava - Mariánské Hory
Phone: +420 596 639 953 Fax: +420 596 626 467
E-mail: sales@sectron.cz, www.sectron.eu

K. SIEMENS SMS Guide – Exemplý užití AT příkazů

- **Service Center Number (+CSCA)**

With the command „AT+CSCA?“ the M20 shows the current Service-Center-Address stored on the SIM-Card.

With the AT-Command „AT+CSCA=<SCA>[, <TOSCA>]“ the SMSC-Number is entered.

Syntax:

Input	Execution	Comment
AT+CSCA?	<CR>	Query current Service-Center-Address (SCA) setting (read from SIM-Card)
Response:		
+CSCA: "<SCA>" OK		

AT+CSCA="<SCA>"	<CR>	Defines the Service-Center-Address (SCA) (stores on SIM-Card)
-----------------	------	---

Parameter:

<SCA>	Service-Center-Address (String-Type)
<TOSCA>	Type-Of-Service-Center-Address (numbering plan) optional

Examples:

AT+CSCA="+991000"	<CR>	Defines the Service-Center-Address (SCA) in international number format.
AT+CSCA="01000"	<CR>	Defines the Service-Center-Address (SCA) in national number format.

- **Select Message Service (+CSMS)**

This command selects messaging service . It returns the types of messages supported by the M20 and can be changed with the AT-Command „AT+CSMS=<SERVICE>“.

Syntax:

AT+CSMS=<SERVICE>	<CR>	Select Message Service
Response:		
+CSMS: <SERVICE> , <MT> , <MO> , <BM> OK		

Parameters:

<SERVICE>	indicates the messaging service
<MT>	service for mobile terminated messages
<MO>	service for mobile originated messages and
<BM>	service for broadcast type messages.

Examples:

Read-Command:

AT+CSMS?	<CR>	Read command returns supported message types along the current service setting.
Response:		
+CSMS: 0,1,1,1 OK		Command returns the current messaging service and a list of all services supported by the M20.

Set-Command:

AT+CSMS=1	<CR>	Set command defines supported message type.
Response:		
+CSMS: 0,1,1,1 OK		Command returns the current messaging service and a list of all services supported by the M20.

- **Select Message Format (+CMGF)**

The AT-Command „AT+CMGF=1<MODE>“ sets up the M20, which input and output format of messages to use. The Parameter indicates the format of messages used with send, list, read and write commands and unsolicited result codes resulting from received messages. Mode can be either Text mode or PDU mode (headers and body of the messages given as separate parameters).

Syntax:

AT+CMGF=<MODE>	<CR>	Select SMS-Format
Response:		
OK		

SupportedValues:

<mode>	meaning
0	PDU mode (default when)
1	Text mode

Examples:

Read-Command:

AT+CMGF?	<CR>	Read command returns current SMS-Mode.
Response:		
+CMGF: 0 OK		Command returns the current mode.

Set-Command:

AT+CMGF=1	<CR>	Set-Command defines SMS-Mode.
-----------	------	-------------------------------

Test command returns supported modes as a compound value.

See M20 Technical Description for further details on Character-Set.

NOTICE: Text mode uses the value of parameter <CHSET> specified by AT-Command „AT+CSGS=<CHSET>“ - Select Terminal Character Set - to inform the character set to be used in the message body in the TA-TE interface.

- **Write SMS to SIM-Card-Memory (+CMGW)**

The execution command „AT+CMGW“ stores message (either SMS-DELIVER or SMS-SUBMIT) to SIM-Card memory storage.

Syntax:

AT+CMGW=<DA>[, <TODA>[, <STAT>]]	<CR>	
> TEXT	<CTRL-Z / ESC>	
Response:		
+CMGW: <INDEX> OK		If command is executed correct the SMS-Storage-index-number is presented.

Parameter:

<DA>	Destination-Address (String-Type)
<TODA>	Type-Of- Destination-Address (numbering plan) optional
<STAT>	allows other status values to be given than 'stored unsent'.
<INDEX>	Memory location

Examples:

AT+CMGW="+12345"	<CR>	Switches to SMS-Input-Mode, the SMS will be stored as „unsent“ with the destination address: „+12345“.
> THE BIG BROWN FOX *)	<CTRL-Z / ESC> **)	Input of the SMS-Message upto 160/140***) Characters. Stores a SMS onto the SIM-card.
Response:		
+CMGW: 1 OK		The SMS has been stored on the SIM-Card in index 1.

*) The prompt sign „>“ is generated by the M20.

**) The key <CTRL> +<Z> executes the command, <ESC> -key quits execution without storing/sending

***) Depends on Data-Coding-Scheme: 160 Character on 7 bit coding, 140 Character on 8 bit coding.

- **Send SMS direct from SIM-Card-Storage (+CMSS)**

The AT-Command „AT +CMSS=<INDEX>[,<DA>[,<TODA>]]“ sends message with location value <INDEX> from SIM-Card message storage to the network (SMS-SUBMIT). If new recipient address <DA> is given for SMS-SUBMIT, it shall be used instead of the one stored with the message.

Reference value <MR> is returned to the TE on successful message delivery. Optionally (when +CSMS <SERVICE> value is 1 and network supports) <SCTS> is returned.

Syntax:

AT+CMSS=<INDEX>	<CR>	
Response:		
+CMSS: <MR>[,<SCTS>]	The SMS has been sent from the SIM-storage successfully. Reference value <MR> is returned to the Terminal on successful message delivery. Optionally (when +CSMS <SERVICE> value is 1 and network supports) <SCTS> is returned..	

Parameter:

<INDEX>	SIM-Card-Memory location
<MR>	Message Reference
<SCTS>	Srvce-Center-Time-Stamp

Examples:

AT+CMSS=1	<CR>	The SMS stored on the SIM-Card in <INDEX> will be sent to the Service-Center.
Response:		
+CMSS: 255 OK	The Message Reference number is returned.	

- **Send SMS direct from Terminal (+CMGS)**

This execution command sends message from a Terminal to the network (SMS-SUBMIT), without storing the SMS-Message onto the SIM-Card.

Reference value <MR> is returned to the TE on successful message delivery. Optionally (when +CSMS <SERVICE> value is 1 and network supports) <SCTS> is returned.

Syntax:

AT+CMGS=<DA>[,<TODA>]	<CR>	
> TEXT OF SMS	<CTRL-Z> / <ESC>	
Response:		
+CMGS: <MR>[,<SCTS>] OK	The Message Reference number is returned when sending was successful.	

Parameter:

<INDEX>	SIM-Card-Memory location
<DA>	Destination-Address (String-Type)
<TODA>	Type-Of- Destination-Address (numbering plan), optional.
<MR>	Message Reference
<SCTS>	Srvce-Center-Time-Stamp

Examples:

AT+CMGS="+991234567"	<CR>	Switches to SMS-Input-Mode, the SMS will be send to the destination address: „+991234567“.
> THE BIG BROWN FOX *)	<CTRL-Z / ESC> **)	Input of the SMS-Message upto 160/140****) Characters. Stores a SMS onto the SIM-card.
Response:		
+CMGS: 255 OK	The SMS has been send to the SC with Message Reference 255.	

*) The prompt sign „>“ is generated by the M20.

**) The key <CTRL> +<Z> executes the command, <ESC> -key quits execution without sending

***) Depends on Data-Coding-Scheme: 160 Character on 7 bit coding, 140 Character on 8 bit coding.

NOTICE: There is no possibility to resend this SMS-Message again!

L. Ovládání GSM MC75i EDGE přes H-Terminal

```
AT
OK
AT+CGMI
Cinterion

OK
AT+CCLK?
+CCLK: "02/01/01,11:00:53"

OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CMGR=1
+CMGR: "REC READ", "+420739292995", , "12/04/08,16:25:44+08"
Testovací sms!

OK
AT^SMSO
^SMSO: MS OFF

OK
^SHUTDOWN
_
```

Příloha Obr. 22 Zobrazená komunikace mezi PC (Hyper Terminal) a GSM modemem SECTRON MC75i EDGE

M. Tabulka popisu chybových kódů při práci s GSM zařízením

CME ERROR's (GSM Equipment related codes)

Error	Description
CME ERROR: 0	Phone failure
CME ERROR: 1	No connection to phone
CME ERROR: 2	Phone adapter link reserved
CME ERROR: 3	Operation not allowed
CME ERROR: 4	Operation not supported
CME ERROR: 5	PH_SIM PIN required
CME ERROR: 6	PH_FSIM PIN required
CME ERROR: 7	PH_FSIM PUK required
CME ERROR: 10	SIM not inserted
CME ERROR: 11	SIM PIN required
CME ERROR: 12	SIM PUK required
CME ERROR: 13	SIM failure
CME ERROR: 14	SIM busy
CME ERROR: 15	SIM wrong
CME ERROR: 16	Incorrect password
CME ERROR: 17	SIM PIN2 required
CME ERROR: 18	SIM PUK2 required
CME ERROR: 20	Memory full
CME ERROR: 21	Invalid index
CME ERROR: 22	Not found
CME ERROR: 23	Memory failure
CME ERROR: 24	Text string too long
CME ERROR: 25	Invalid characters in text string
CME ERROR: 26	Dial string too long
CME ERROR: 27	Invalid characters in dial string
CME ERROR: 30	No network service
CME ERROR: 31	Network timeout
CME ERROR: 32	Network not allowed, emergency calls only
CME ERROR: 40	Network personalization PIN required
CME ERROR: 41	Network personalization PUK required
CME ERROR: 42	Network subset personalization PIN required
CME ERROR: 43	Network subset personalization PUK required
CME ERROR: 44	Service provider personalization PIN required
CME ERROR: 45	Service provider personalization PUK required
CME ERROR: 46	Corporate personalization PIN required
CME ERROR: 47	Corporate personalization PUK required
CME ERROR: 48	PH-SIM PUK required
CME ERROR: 100	Unknown error
CME ERROR: 103	Illegal MS
CME ERROR: 106	Illegal ME

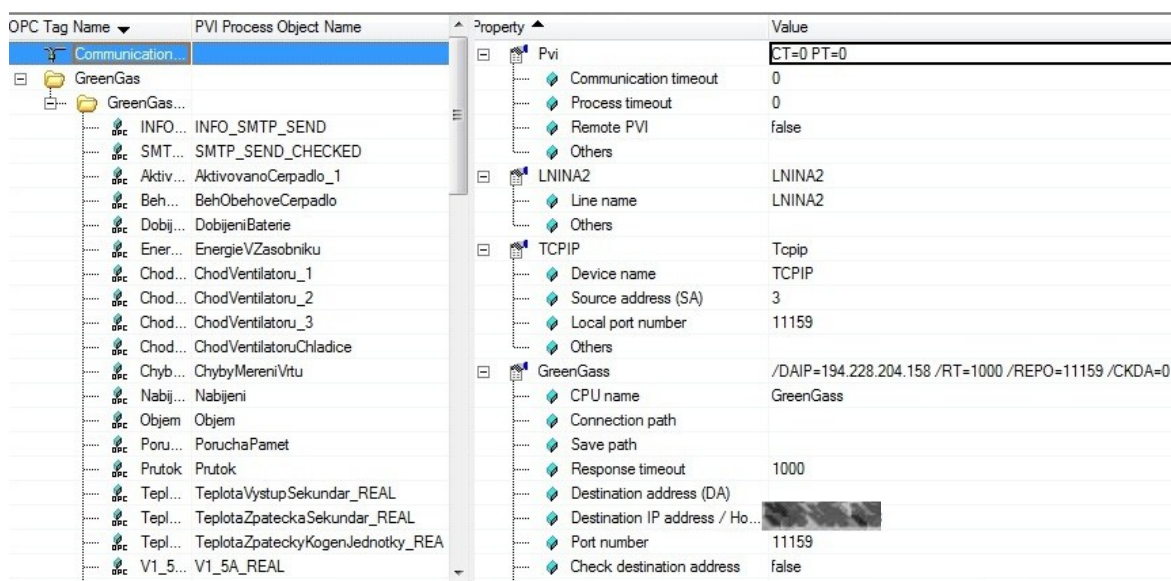
Error	Description
CME ERROR: 107	GPRS services not allowed
CME ERROR: 111	PLMN not allowed
CME ERROR: 112	Location area not allowed
CME ERROR: 113	Roaming not allowed in this location area
CME ERROR: 126	Operation temporary not allowed
CME ERROR: 132	Service operation not supported
CME ERROR: 133	Requested service option not subscribed
CME ERROR: 134	Service option temporary out of order
CME ERROR: 148	Unspecified GPRS error
CME ERROR: 149	PDP authentication failure
CME ERROR: 150	Invalid mobile class
CME ERROR: 256	Operation temporarily not allowed
CME ERROR: 257	Call barred
CME ERROR: 258	Phone is busy
CME ERROR: 259	User abort
CME ERROR: 260	Invalid dial string
CME ERROR: 261	SS not executed
CME ERROR: 262	SIM Blocked
CME ERROR: 263	Invalid block
CME ERROR: 772	SIM powered down

CMS ERROR's (GSM Network related codes)

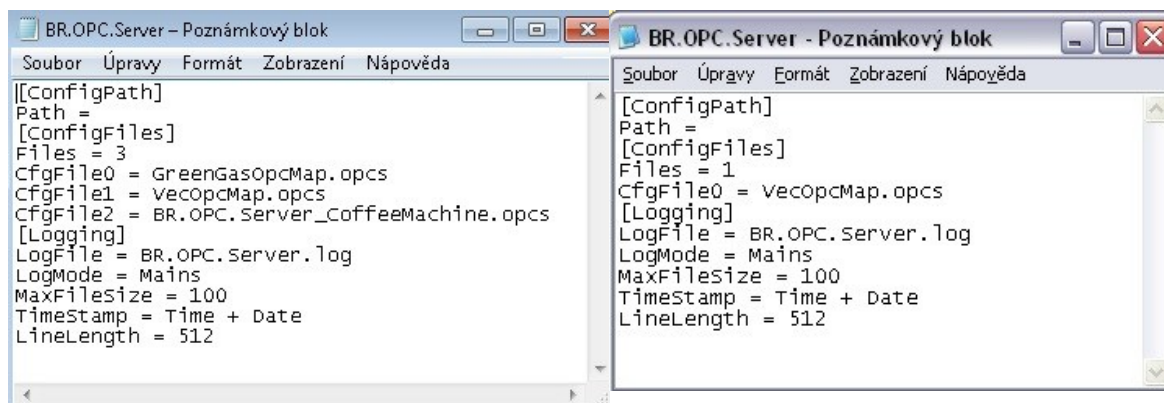
Error	Description
CMS ERROR: 1	Unassigned number
CMS ERROR: 8	Operator determined barring
CMS ERROR: 10	Call bared
CMS ERROR: 21	Short message transfer rejected
CMS ERROR: 27	Destination out of service
CMS ERROR: 28	Unidentified subscriber
CMS ERROR: 29	Facility rejected
CMS ERROR: 30	Unknown subscriber
CMS ERROR: 38	Network out of order
CMS ERROR: 41	Temporary failure
CMS ERROR: 42	Congestion
CMS ERROR: 47	Recources unavailable
CMS ERROR: 50	Requested facility not subscribed
CMS ERROR: 69	Requested facility not implemented
CMS ERROR: 81	Invalid short message transfer reference value
CMS ERROR: 95	Invalid message unspecified
CMS ERROR: 96	Invalid mandatory information
CMS ERROR: 97	Message type non existent or not implemented
CMS ERROR: 98	Message not compatible with short message protocol
CMS ERROR: 99	Information element non-existent or not implemente
CMS ERROR: 111	Protocol error, unspecified
CMS ERROR: 127	Internetworking , unspecified
CMS ERROR: 128	Telematic internetworking not supported
CMS ERROR: 129	Short message type 0 not supported
CMS ERROR: 130	Cannot replace short message
CMS ERROR: 143	Unspecified TP-PID error
CMS ERROR: 144	Data code scheme not supported
CMS ERROR: 145	Message class not supported
CMS ERROR: 159	Unspecified TP-DCS error
CMS ERROR: 160	Command cannot be actioned
CMS ERROR: 161	Command unsupported
CMS ERROR: 175	Unspecified TP-Command error
CMS ERROR: 176	TPDU not supported
CMS ERROR: 192	SC busy
CMS ERROR: 193	No SC subscription
CMS ERROR: 194	SC System failure
CMS ERROR: 195	Invalid SME address
CMS ERROR: 196	Destination SME barred
CMS ERROR: 197	SM Rejected-Duplicate SM
CMS ERROR: 198	TP-VPF not supported
CMS ERROR: 199	TP-VP not supported
CMS ERROR: 208	D0 SIM SMS Storage full
CMS ERROR: 209	No SMS Storage capability in SIM
CMS ERROR: 210	Error in MS

Error	Description
CMS ERROR: 211	Memory capacity exceeded
CMS ERROR: 212	Sim application toolkit busy
CMS ERROR: 213	SIM data download error
CMS ERROR: 255	Unspecified error cause
CMS ERROR: 300	ME Failure
CMS ERROR: 301	SMS service of ME reserved
CMS ERROR: 302	Operation not allowed
CMS ERROR: 303	Operation not supported
CMS ERROR: 304	Invalid PDU mode parameter
CMS ERROR: 305	Invalid Text mode parameter
CMS ERROR: 310	SIM not inserted
CMS ERROR: 311	SIM PIN required
CMS ERROR: 312	PH-SIM PIN required
CMS ERROR: 313	SIM failure
CMS ERROR: 314	SIM busy
CMS ERROR: 315	SIM wrong
CMS ERROR: 316	SIM PUK required
CMS ERROR: 317	SIM PIN2 required
CMS ERROR: 318	SIM PUK2 required
CMS ERROR: 320	Memory failure
CMS ERROR: 321	Invalid memory index
CMS ERROR: 322	Memory full
CMS ERROR: 330	SMSC address unknown
CMS ERROR: 331	No network service
CMS ERROR: 332	Network timeout
CMS ERROR: 340	No +CNMA expected
CMS ERROR: 500	Unknown error
CMS ERROR: 512	User abort
CMS ERROR: 513	Unable to store
CMS ERROR: 514	Invalid Status
CMS ERROR: 515	Device busy or Invalid Character in string
CMS ERROR: 516	Invalid length
CMS ERROR: 517	Invalid character in PDU
CMS ERROR: 518	Invalid parameter
CMS ERROR: 519	Invalid length or character
CMS ERROR: 520	Invalid character in text
CMS ERROR: 521	Timer expired
CMS ERROR: 522	Operation temporary not allowed
CMS ERROR: 532	SIM not ready
CMS ERROR: 534	Cell Broadcast error unknown
CMS ERROR: 535	Protocol stack busy
CMS ERROR: 538	Invalid parameter

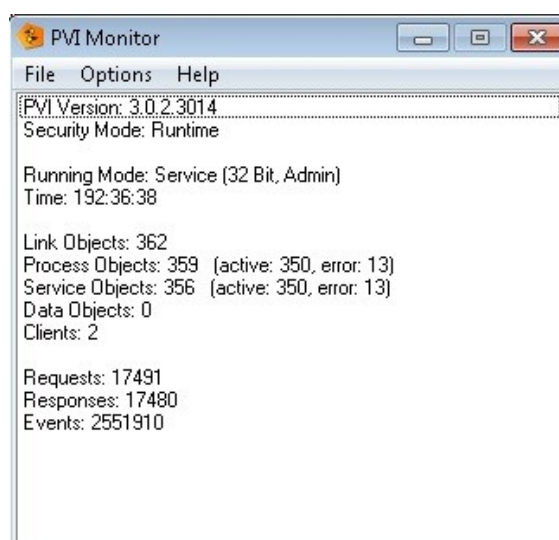
N. Nastavení přenosu dat z PLC prostřednictvím OPC



Příloha Obr. 23 Konfigurace spojení OPC Map s PLC



Příloha Obr. 24 Nastavení lokace OPC mapy k přístupu dat pro PVI Manager



Příloha Obr. 25 Zobrazení procesu přenosu dat přes PVI Manager pomocí PVI Monitor

Cogent DataHub Data Browser: 73 of 323 points in pro domain

Selected Point:

Enter new value:

	Point Name	Date	Quality	Type	Value
default					
pro					
GreenGasOPC	AktivovanoCerpadlo_1	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	1
OPC	BehObelhoveCerpadlo	4 17 11:47:58.544	Good	BOOL	0
VecOPC	ChodVentilatoruChladice	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	1
	ChodVentilatoru_1	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	0
	ChodVentilatoru_2	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	0
	ChodVentilatoru_3	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	0
	ChybovaZprava	4 17 11:50:12.518	Good	String	Nastala chyba při zápisu do souboru se záložními daty.
	DobijeniBaterie	4 17 11:47:58.544	Good	BOOL	1
	EnergieVZasobniku	4 17 11:52:34.545	Good	R4	452,79
	ErrorDetectVM	4 17 11:47:58.525	Good	BOOL array	[0 0 0 0]
	IncrementChyb	4 17 11:50:25.541	Good	UI1	3
	Nabijeni	4 17 11:47:58.544	Good	BOOL	1
	NastalaChyba	4 17 11:47:58.508	Good	BOOL	0
	Objem	4 17 11:47:58.508	Good	UI4	15802
	Porucha	4 17 11:47:58.544	Good	BOOL	0
	PoruchaVentilatoru	4 17 11:47:58.509	Good	BOOL	0
	Prutok	4 17 11:53:36.547	Good	UI4	503
	RozdilTeplotSekundar	4 17 11:47:58.544	Good	R4	5
	Rozdil_teplot	4 17 11:53:36.547	Good	R4	23,27369
	TeplotaVystupSekundar	4 17 11:51:05.578	Good	R4	16,3
	TeplotaZpateckaSekundar	4 17 11:52:28.533	Good	R4	14,7
	TeplotaZpateckyKogenJednotky	4 17 11:52:18.548	Good	R4	82,3
	V10_14A	4 17 11:52:47.502	Good	R4	73,8
	V10_14B	4 17 11:53:16.531	Good	R4	58,7

Příloha Obr. 26 Znáznornění propojení a příjmu dat v OPC DataHub™

B&R OPC Monitor - untitled*

File Edit View Server Items Tools Help

Server Browser

OPC://localhost/BR.OPC.Server_1

Items

GreenGasOPC

AktivovanoCerpadlo_1

BehObelhoveCerpadlo

DobijeniBaterie

EnergieVZasobniku

ErrorDetectVM

ChodVentilatoru_1

ChodVentilatoru_2

ChodVentilatoru_3

ChodVentilatoruChladice

ChybovaZprava

IncrementChyb

Nabijeni

NastalaChyba

Objem

Porucha

PoruchaVentilatoru

Prutok

Rozdil_teplot

RozdilTeplotSekundar

TeplotaVystupSekundar

TeplotaZpateckaSekundar

TeplotaZpateckyKogenJedn

V1_5A

V1_5B

V1_5C

V10_14A

Items

Folder

GreenGasOPC

GreenGasOPC.AktivovanoCerpadlo_1

GreenGasOPC.BehObelhoveCerpadlo

GreenGasOPC.DobijeniBaterie

GreenGasOPC.EnergieVZasobniku

GreenGasOPC.ErrorDetectVM

GreenGasOPC.ChodVentilatoru_1

GreenGasOPC.ChodVentilatoru_2

GreenGasOPC.ChodVentilatoru_3

GreenGasOPC.ChodVentilatoruChladice

GreenGasOPC.ChybovaZprava

GreenGasOPC.IncrementChyb

GreenGasOPC.Nabijeni

GreenGasOPC.NastalaChyba

GreenGasOPC.Objem

GreenGasOPC.Porucha

GreenGasOPC.PoruchaVentilatoru

GreenGasOPC.Prutok

GreenGasOPC.Rozdil_teplot

GreenGasOPC.RozdilTeplotSekundar

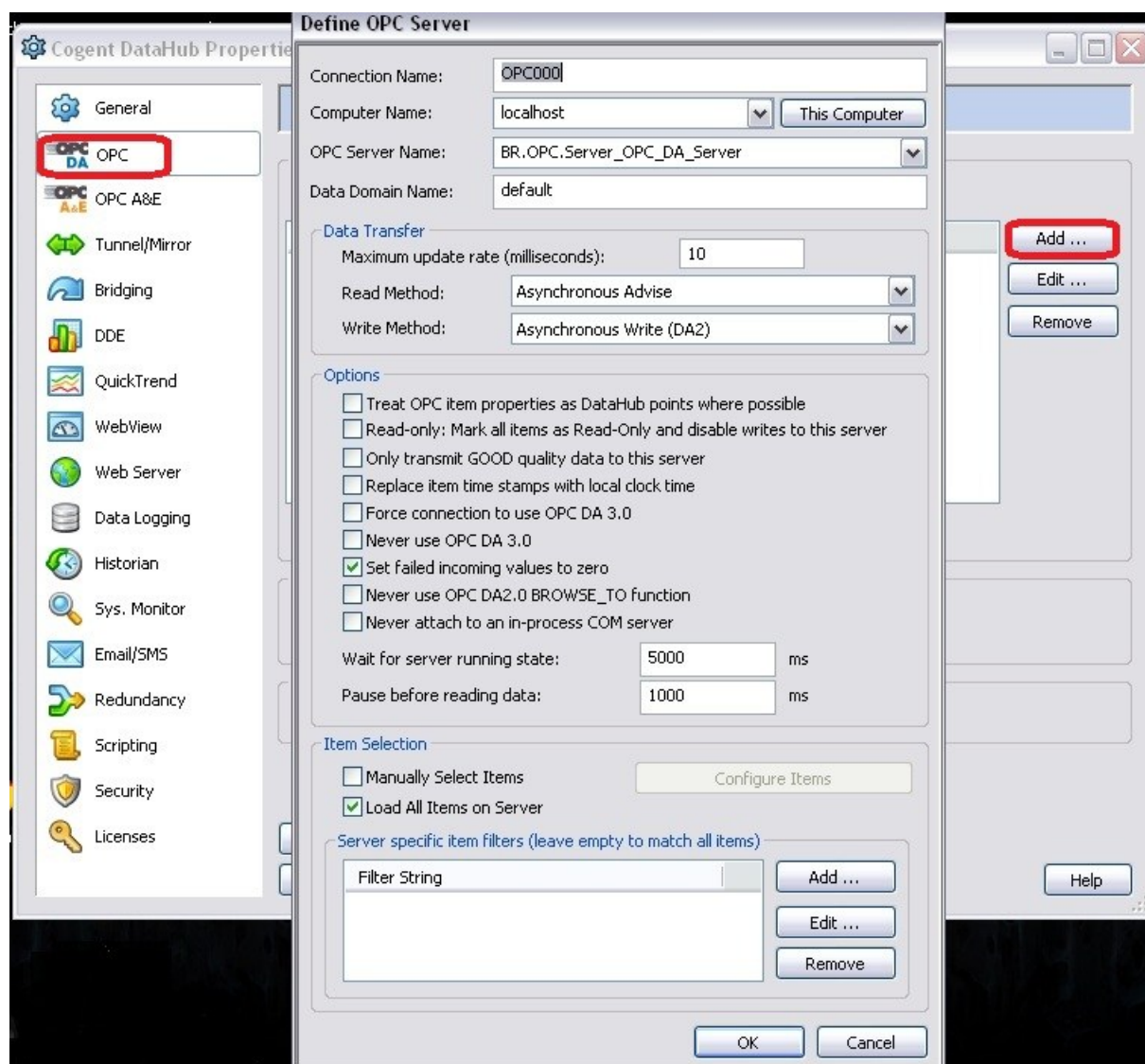
GreenGasOPC.TeplotaVystupSekundar

Item	Value	Data Type
GreenGasOPC		
GreenGasOPC.AktivovanoCerpadlo_1	TRUE	VT_BOOL
GreenGasOPC.BehObelhoveCerpadlo	FALSE	VT_BOOL
GreenGasOPC.DobijeniBaterie	TRUE	VT_BOOL
GreenGasOPC.EnergieVZasobniku	452,75	VT_R4
GreenGasOPC.ErrorDetectVM	0...4 (FALSE, F...	VT_ARRAY VT_...
GreenGasOPC.ChodVentilatoru_1	FALSE	VT_BOOL
GreenGasOPC.ChodVentilatoru_2	FALSE	VT_BOOL
GreenGasOPC.ChodVentilatoru_3	FALSE	VT_BOOL
GreenGasOPC.ChodVentilatoruChladice	TRUE	VT_BOOL
GreenGasOPC.ChybovaZprava	Nastala chyba p...	VT_BSTR
GreenGasOPC.IncrementChyb	2	VT_UI1
GreenGasOPC.Nabijeni	TRUE	VT_BOOL
GreenGasOPC.NastalaChyba	FALSE	VT_BOOL
GreenGasOPC.Objem	15802	VT_UI4
GreenGasOPC.Porucha	FALSE	VT_BOOL
GreenGasOPC.PoruchaVentilatoru	FALSE	VT_BOOL
GreenGasOPC.Prutok	491	VT_UI4
GreenGasOPC.Rozdil_teplot	27,25092	VT_R4
GreenGasOPC.RozdilTeplotSekundar	5	VT_R4
GreenGasOPC.TeplotaVystupSekundar	16,2	VT_R4

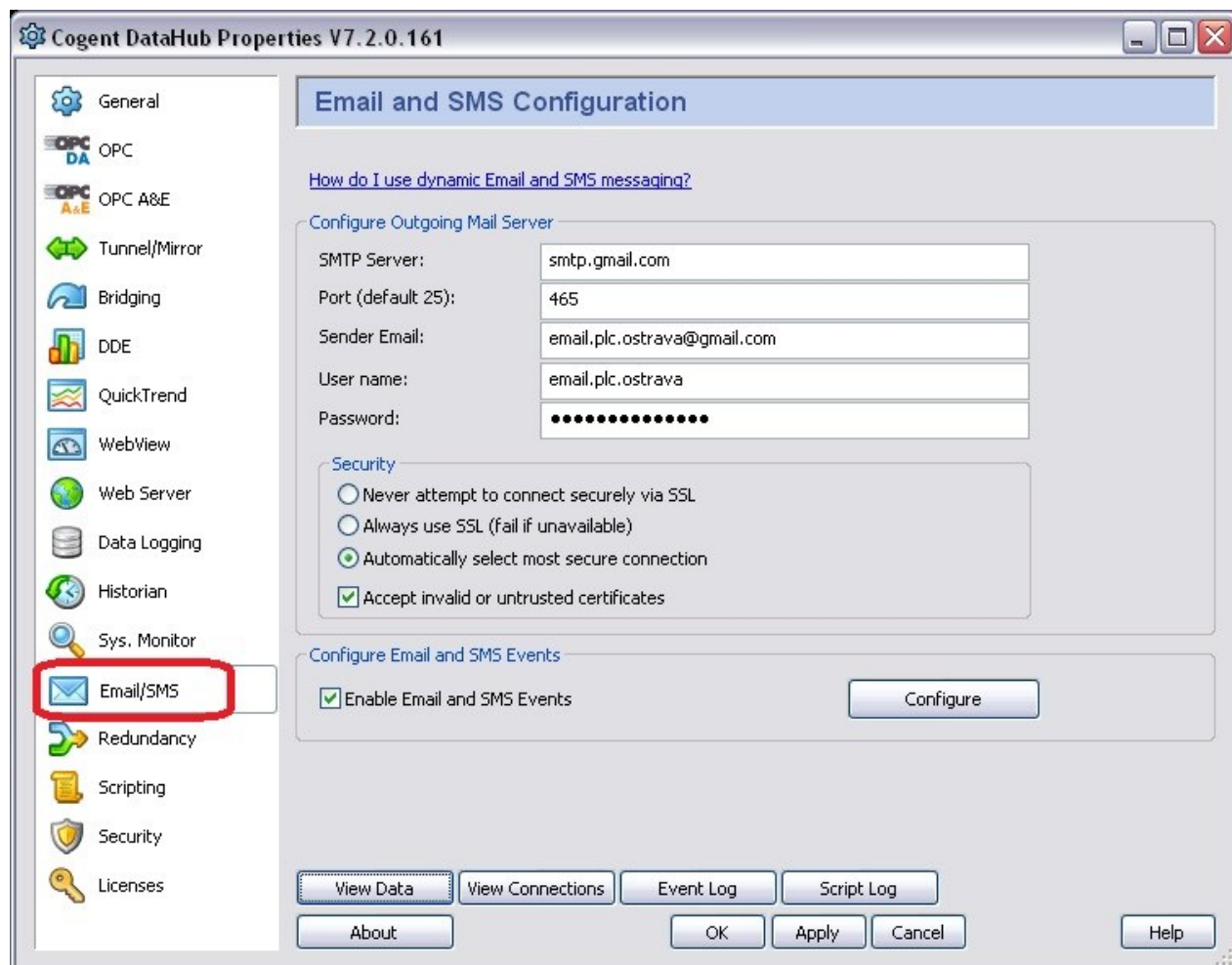
Output

Příloha Obr. 27 Znáznornění propojení a příjmu dat v OPC Monitor

O. Nastavení spojení přenosu dat s OPC DataHub™



Příloha Obr. 28 Přiřazení spojení s OPC serverem



Příloha Obr. 29 Nastavení inicializačních částí pro odeslání emailových zpráv

P. Konfigurace OPC DataHub™ pro odesílání notifikací

Message Type: ☐ Plain Text Message ☒ HTML Message

Recipients (comma-separated email address list):
Recipients: email.plc.ostrava@gmail.com

Message Content

Subject: Email TEST VEC

Body: ☐ Use this file: C:\Dacasne\HTML.txt ☒ Use the following text:

```
<table border="1" cellpadding="5" cellspacing="4">
<tr><th>NAZE</th><th>HODNOTA</th><th>ČAS</th></tr>
<tr><td>defaultVecOPC.A_120</td><td><%= $defaultVecOPC.A_120 %></td><td><%= F
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>defaultVecOPC ups</td><td><%= $defaultVecOPC ups %></td><td><%= PointTi
```

Insert Point

Configured Actions

On	Type	Subject	Recipients	Trigger	Condition
<input type="checkbox"/>	html	Email TEST VEC	email.plc.ostrava...	every 20 sec	\$defaultVecOP...

Create Modify Remove

Configure Email/SMS Events

1. Email 2. Trigger 3. Condition

Select a trigger event. Whenever the trigger event occurs, the email/SMS message will be computed and transmitted, subject to the Condition expression.

Define a Trigger Event

☐ Point Change Year: Month: Day: Hour: Minute: Second:

☐ Repeat Timer

☒ Time of Day Year: Month: Day: Hour: Minute: Second:

Message Type: ☒ Plain Text Message ☐ HTML Message

Recipients (comma-separated email address list):
Recipients: Jan_Smid_739292995@t-email.cz

Message Content

Subject: GREEN GAS ERR:

Body: ☐ Use this file: ☒ Use the following text:

```
AUTOMATICKÉ UPOZORNENÍ SMS:

Byl zaznamenán výskyt poruchy komunikace s PLC!

Čas výskytu: <%= PointTimeString($System:Server.Chybné\relace) %>

Konec zprávy.
#####
```



jan.smid@vsb.cz

komu: mně, vavrlatom, email.plc.ostr. ▾

Pravidelný Kontrolní Email

Tento email není hlášením o chybě!

V MĚŘICÍM PROCESU -GREEN GAS- BYLY NAMĚŘENY TYTO HODNOTY:

CHYBOVÉ STAVY:

NÁZEV	HODNOTA	ČAS POSLEDNÍ ZMĚNY
pro:GreenGasOPC.Porucha	0	2012-04-20 11:40:31.335
pro:GreenGasOPC.PoruchaVentilatoru	0	2012-04-20 11:40:31.333

AKTUÁLNÍ STAVY V SYSTÉMU

NÁZEV	HODNOTA	ČAS POSLEDNÍ ZMĚNY
pro:GreenGasOPC.ZadanyPrutok	5	2012-04-20 11:40:31.333
pro:GreenGasOPC.AktivovanoCerpadlo_1	1	2012-04-20 11:40:31.278
pro:GreenGasOPC.BehObheoveCerpadlo	0	2012-04-20 11:40:31.278
pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_1	0	2012-04-20 11:40:31.278
pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_2	0	2012-04-20 11:40:31.351
pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_3	0	2012-04-20 11:40:31.333
pro:GreenGasOPC.DobijeniBaterie	1	2012-04-20 11:40:31.277
pro:GreenGasOPC.Vykon	97	2012-04-23 12:29:24.508
pro:GreenGasOPC.EnergieVZasobniku	503.35000610351562	2012-04-23 12:28:42.550
pro:GreenGasOPC.Nabijeni	1	2012-04-20 11:40:31.333
pro:GreenGasOPC.Vybijeni	0	2012-04-20 11:40:31.333
pro:GreenGasOPC.TeplotaZpateckyKogenJednotky	84.599998474121094	2012-04-23 12:25:47.532

AKTUÁLNÍ HODNOTY TEPLOT VE VRTECH

NÁZEV	HODNOTA	ČAS POSLEDNÍ ZMĚNY
pro:GreenGasOPC.VM1_2	14	2012-04-20 14:53:39.576
pro:GreenGasOPC.VM1_6	14	2012-04-20 17:30:23.561
pro:GreenGasOPC.VM1_15	16.299999237060547	2012-04-20 17:11:55.532
pro:GreenGasOPC.VM2_2	19.5	2012-04-23 07:44:35.526
pro:GreenGasOPC.VM2_6	20.299999237060547	2012-04-22 13:44:06.502
pro:GreenGasOPC.VM2_15	24.100000381469727	2012-04-23 12:17:09.558
pro:GreenGasOPC.VM3_2	38.299999237060547	2012-04-23 09:56:30.564
pro:GreenGasOPC.VM3_6	43.099998474121094	2012-04-23 07:44:41.561
pro:GreenGasOPC.VM3_15	40.299999237060547	2012-04-23 10:40:36.588
pro:GreenGasOPC.VM3_30	42.099998474121094	2012-04-23 08:33:58.607
pro:GreenGasOPC.VM3_40	40.700000762939453	2012-04-23 12:13:27.519
pro:GreenGasOPC.VM3_50	37	2012-04-23 12:13:26.523
pro:GreenGasOPC.VM3_60	43.099998474121094	2012-04-23 10:55:16.559
pro:GreenGasOPC.VM3_70	12.5	2012-04-21 19:17:25.561
pro:GreenGasOPC.VM3_80	11.199999809265137	2012-04-23 11:58:42.497
pro:GreenGasOPC.VM4_2	14.600000381469727	2012-04-22 15:57:44.561
pro:GreenGasOPC.VM4_6	18.899999618530273	2012-04-23 04:38:03.568
pro:GreenGasOPC.VM4_15	21.100000381469727	2012-04-23 10:03:41.508
pro:GreenGasOPC.VM5_2	14.199999809265137	2012-04-23 11:17:55.525
pro:GreenGasOPC.VM5_6	19	2012-04-23 03:54:25.497
pro:GreenGasOPC.VM5_15	18.5	2012-04-23 12:17:27.528

- **GENEROVÁNÍ OBSAHU EMAILU PRO PLÁNOVANOU NOTIFIKACI DAT**
 - **KÓD STRUKTURUJÍCÍ TĚLO EMAILU:**

<H2> Pravidelný Kontrolní Email </H2>

Tento email není hlášením o chybě!

<H3>V MĚŘICÍM PROCESU -GREEN GAS- BYLY NAMĚŘENY TYTO HODNOTY:</H3>

<H4>CHYBOVÉ STAVY:</H4>

<table border="2" cellpadding="5" cellspacing="4">

<tr><th> NÁZEV </th><th> HODNOTA </th><th> ČAS POSLEDNÍ ZMĚNY</th></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.Porucha </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.Porucha %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.Porucha) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.PoruchaVentilatoru </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.PoruchaVentilatoru %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.PoruchaVentilatoru) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.PoruchaCerpadlo_1</td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.PoruchaCerpadlo_1 %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.PoruchaCerpadlo_1) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.RUN_PLC</td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.RUN_PLC %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.RUN_PLC) %> </td></tr>

</table>

<H4> AKTUÁLNÍ STAVY V SYSTÉMU </H4>

<table border="2" cellpadding="5" cellspacing="4">

<tr><th> NÁZEV </th><th> HODNOTA </th><th> ČAS POSLEDNÍ ZMĚNY</th></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.ZadanyPrutok </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.ZadanyPrutok %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.ZadanyPrutok) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.OtackyCerpadla </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.OtackyCerpadla %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.OtackyCerpadla) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.AktivovanoCerpadlo_1 </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.AktivovanoCerpadlo_1 %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.AktivovanoCerpadlo_1) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.BehObehoveCerpadlo </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.BehObehoveCerpadlo %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.BehObehoveCerpadlo) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_1 </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_1 %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_1) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_2 </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_2 %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_2) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_3 </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_3 %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.ChodVentilatoru_3) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.DobijeniBaterie </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.DobijeniBaterie %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.DobijeniBaterie) %></td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> pro:GreenGasOPC.Vykon </td><td> <%= \$pro:GreenGasOPC.Vykon %> </td><td> <%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.Vykon) %> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

<tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr>

pro:GreenGasOPC.V10_14A	<%= \$pro:GreenGasOPC.V10_14A %>	<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.V10_14A) %>
pro:GreenGasOPC.V10_14B	<%= \$pro:GreenGasOPC.V10_14B %>	<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.V10_14B) %>
pro:GreenGasOPC.V10_14C	<%= \$pro:GreenGasOPC.V10_14C %>	<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.V10_14C) %>
pro:GreenGasOPC.V11_15A	<%= \$pro:GreenGasOPC.V11_15A %>	<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.V11_15A) %>
pro:GreenGasOPC.V11_15B	<%= \$pro:GreenGasOPC.V11_15B %>	<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.V11_15B) %>
pro:GreenGasOPC.V11_15C	<%= \$pro:GreenGasOPC.V11_15C %>	<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.V11_15C) %>
pro:GreenGasOPC.V12_16A	<%= \$pro:GreenGasOPC.V12_16A %>	<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.V12_16A) %>
pro:GreenGasOPC.V12_16B	<%= \$pro:GreenGasOPC.V12_16B %>	<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.V12_16B) %>
pro:GreenGasOPC.V12_16C	<%= \$pro:GreenGasOPC.V12_16C %>	<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.V12_16C) %>

</table>

<H2> Konec zprávy </H2>

#####

- **GENEROVÁNÍ OBSAHU EMAILU PRO VYHODNOCENOU NOTIFIKACI DAT**
➤ **KÓD STRUKTURUJÍCÍ TĚLO EMAILU:**

<H2>Notifikační Email </H2>

Tento email je hlášením o chybě!

<H3>V MĚŘICÍM PROCESU -GREEN GAS- BYLY NAMĚŘENY TYTO HODNOTY:</H3>

<H4>CHYBOVÉ STAVY:</H4>

|ERROR: <%= \$pro:GreenGasOPC.ChybovaZprava %>|

|Cas:<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.ChybovaZprava) %>|

<H2> Konec zprávy </H2>

#####

- **GENEROVÁNÍ OBSAHU SMS PRO VYHODNOCENOU NOTIFIKACI DAT**
➤ **KÓD STRUKTURUJÍCÍ TĚLO SMS:**

|SMS pro: "420 608 012345"|

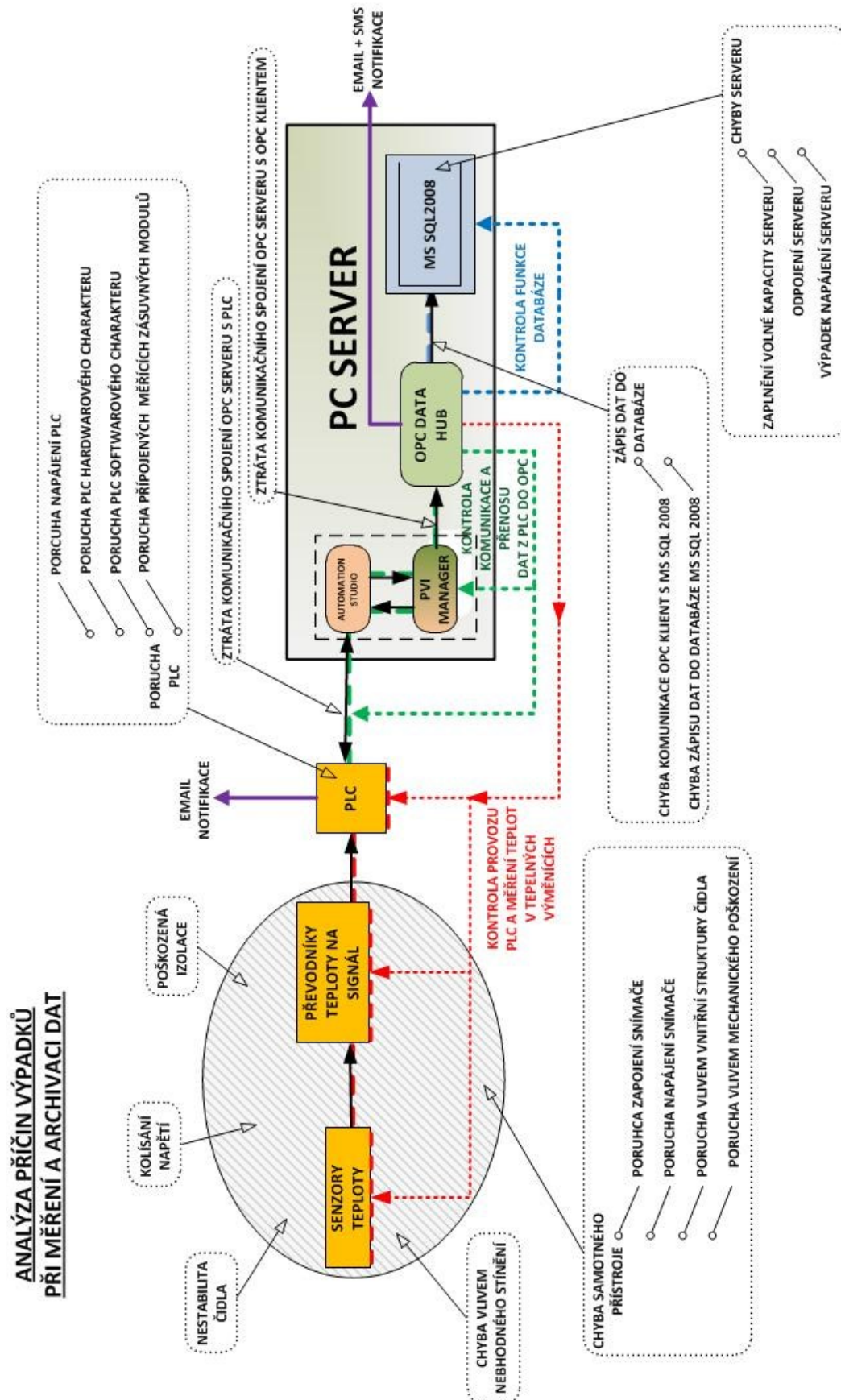
|ERROR: <%= \$pro:GreenGasOPC.ChybovaZprava %>|

|Cas:<%= PointTimeString(#\$pro:GreenGasOPC.ChybovaZprava) %>|

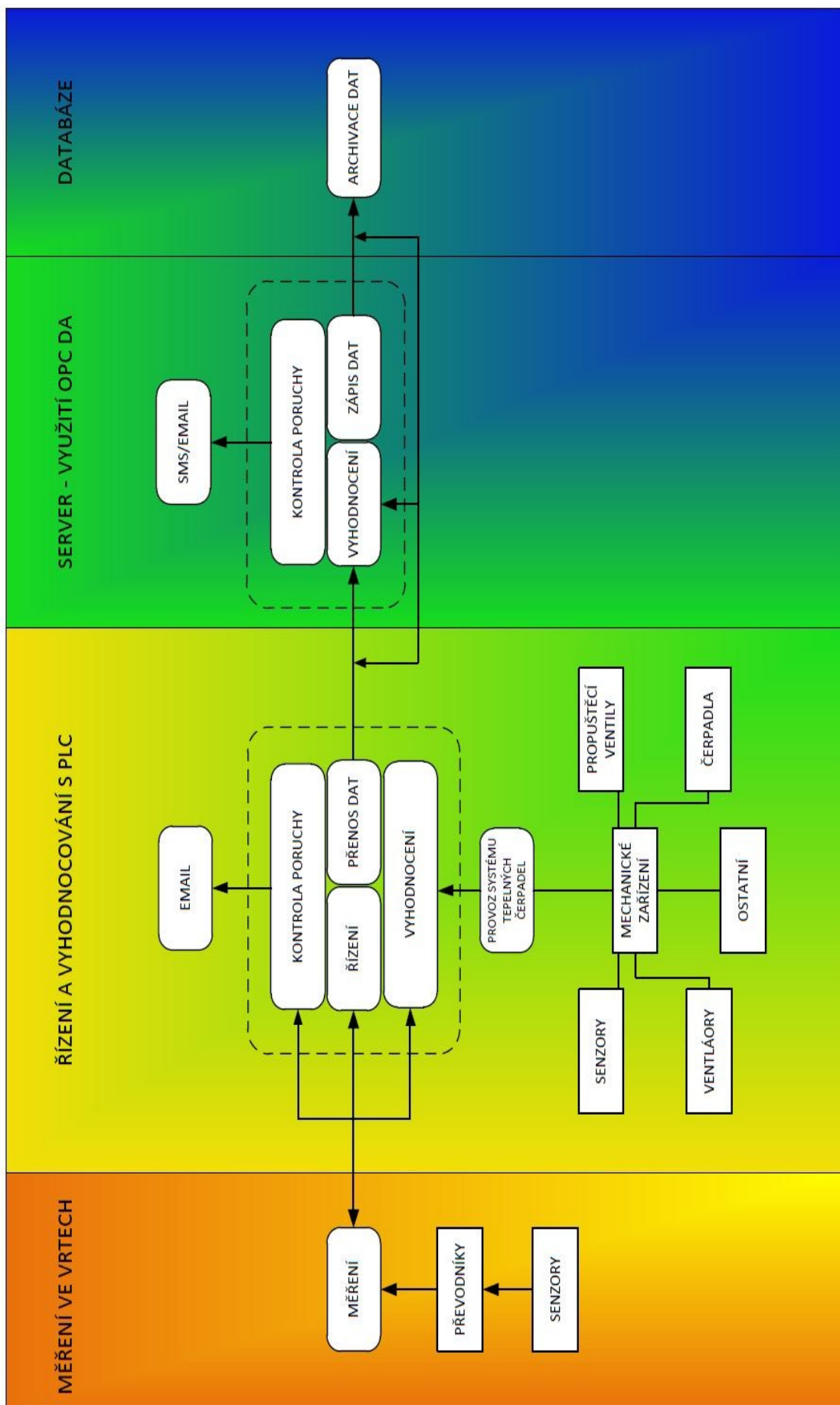
|Konec Zprávy|

#####

Q. Analýza příčin výpadků při měření a archivaci dat



Příloha Obr. 30 Grafické znázornění analýzy příčin výpadku při měření a archivaci dat



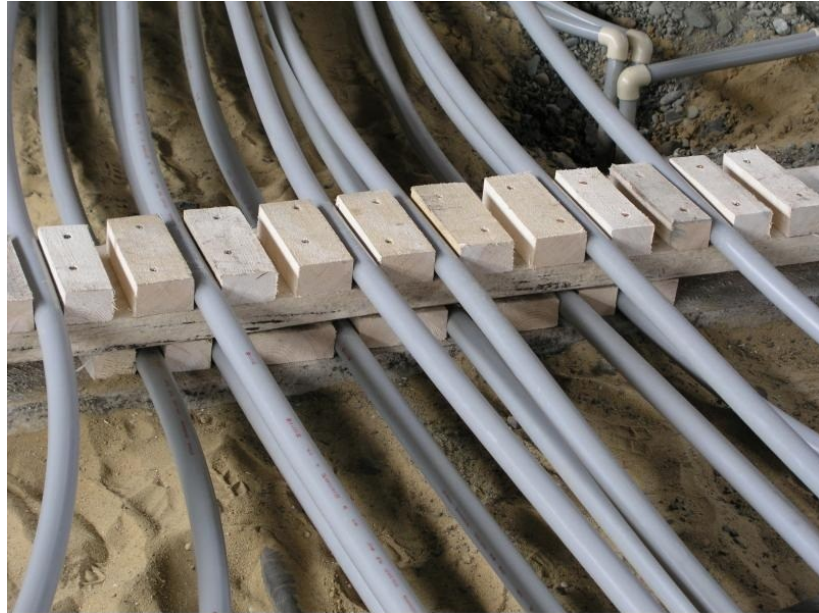
Příloha Obr. 31 Grafické znázornění systému měření ve vrtech pro tepelná čerpadla

R. Fotodokumentace realizace projektu pro měření teplot ve vertech pro tepelná čerpadla





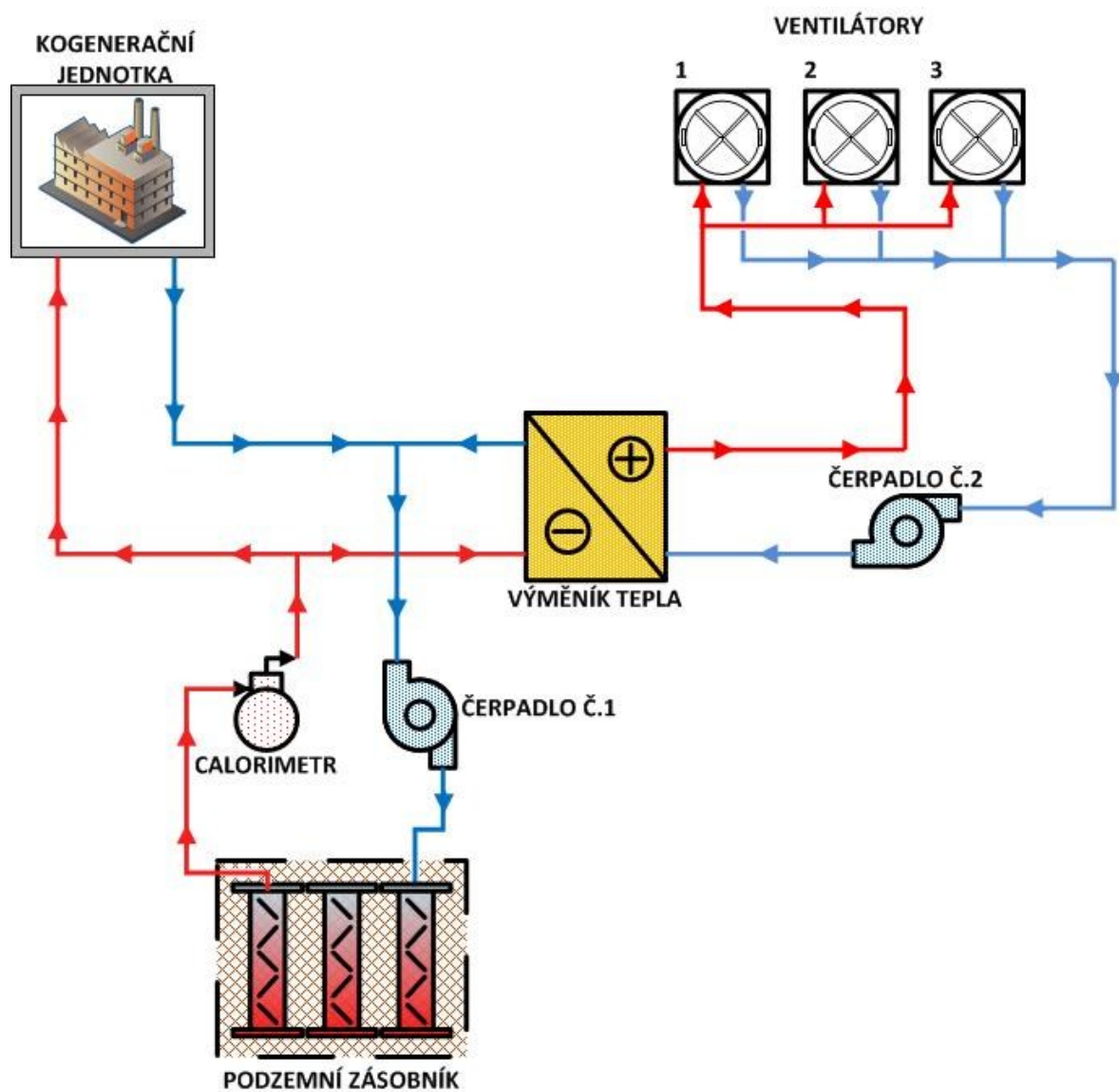




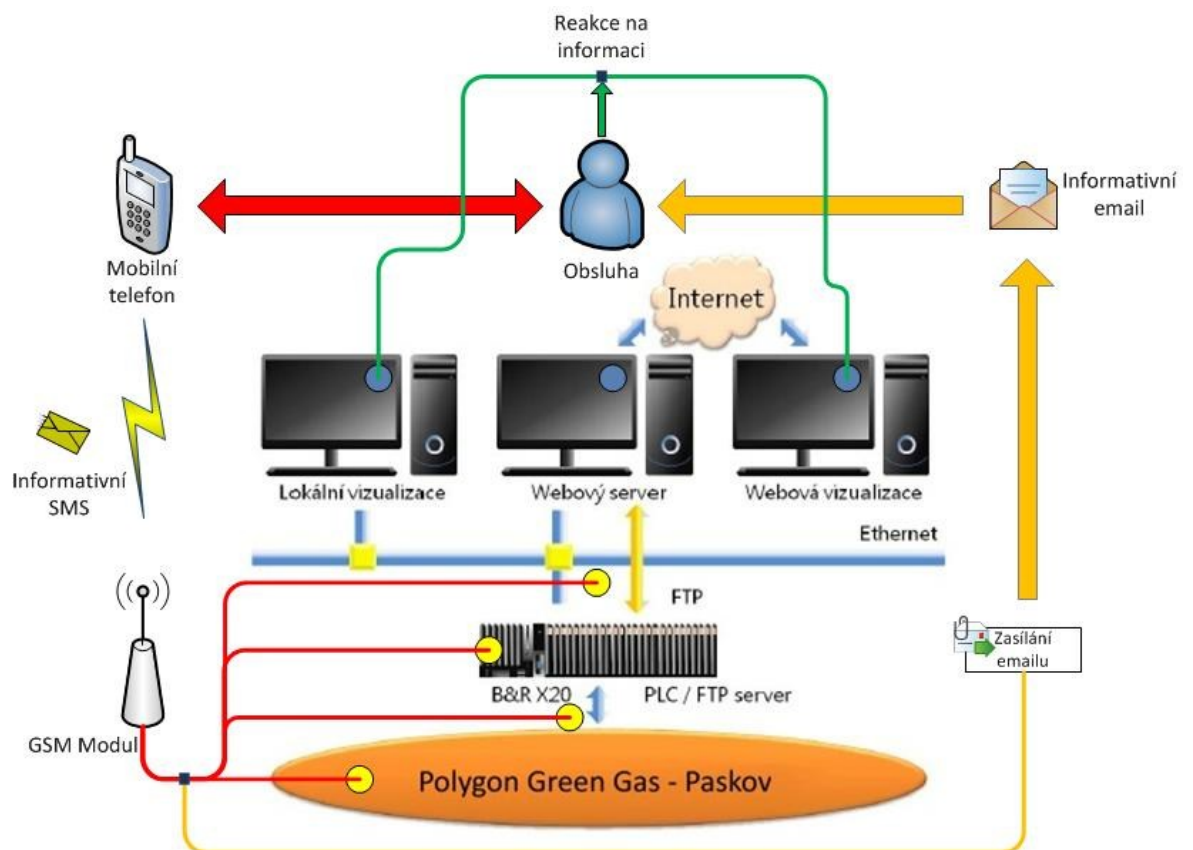




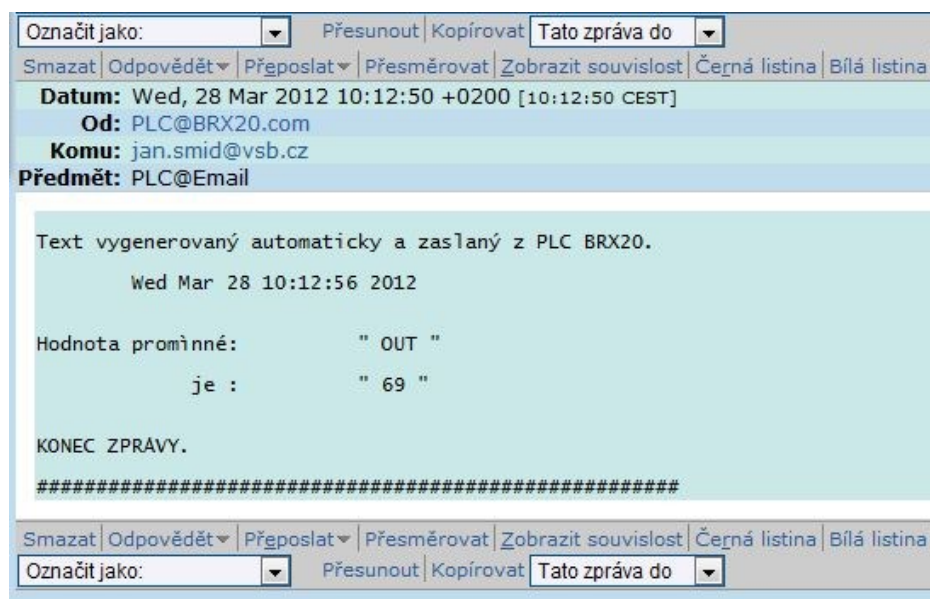
S. Schéma technologického řetězce přenosu tepelné energie ve vrtech pro tepelná čerpadla v areálu Green Gas DPB



T. Realizace notifikace pomocí emailových zpráv z PLC



Príloha Obr. 32 Schéma zobrazjící způsob notifikace na nastalou událost



Příloha Obr. 33 Příklad příchozí emailové zprávy odeslané z PLC na vyskytlou událost

- **REALIZACE KÓDU KONTROLY CHYB A ODESÍLÁNÍ EMAILOVÝCH ZPRÁV – REALIZOVÁNO S KONTROLOU PROMĚNNÝCH**

```

PROGRAM _INIT

(*-----NASTAVENÍ PARAMETRŮ EMAILU-----*)
(*-----*)
    SmtplibSend_0.pHost := ADR('smtp.vsb.cz');
    SmtplibSend_0.port := 25;
    SmtplibSend_0.pReceiver := ADR('smi163@vsb.cz');
    SmtplibSend_0.pSender := ADR('PLC@BRX20.com');
    SmtplibSend_0.pSubject := ADR('PLC@email');
    SmtplibSend_0.pDomain := ADR('smtp.vsb.cz');

    (*JMENO SMTP SERVERU NEBO JEHO IP ADRESA*)
    (*PORT SERVERU*)
    (*EMAILOVA ADRESA PŘÍJEMCE*)
    (*JMÉNO ODESÍLATELE*)
    (*JMÉNO PŘEDMĚTU*)
    (*DOMÉNA ODESÍLATELE*)

(*-----OPTIONAL-----*)
(*-----*)
//SmtplibSend_0.pUser := ADR('smi163');
//SmtplibSend_0.pPassword := ADR('XXXXXXXXXX');

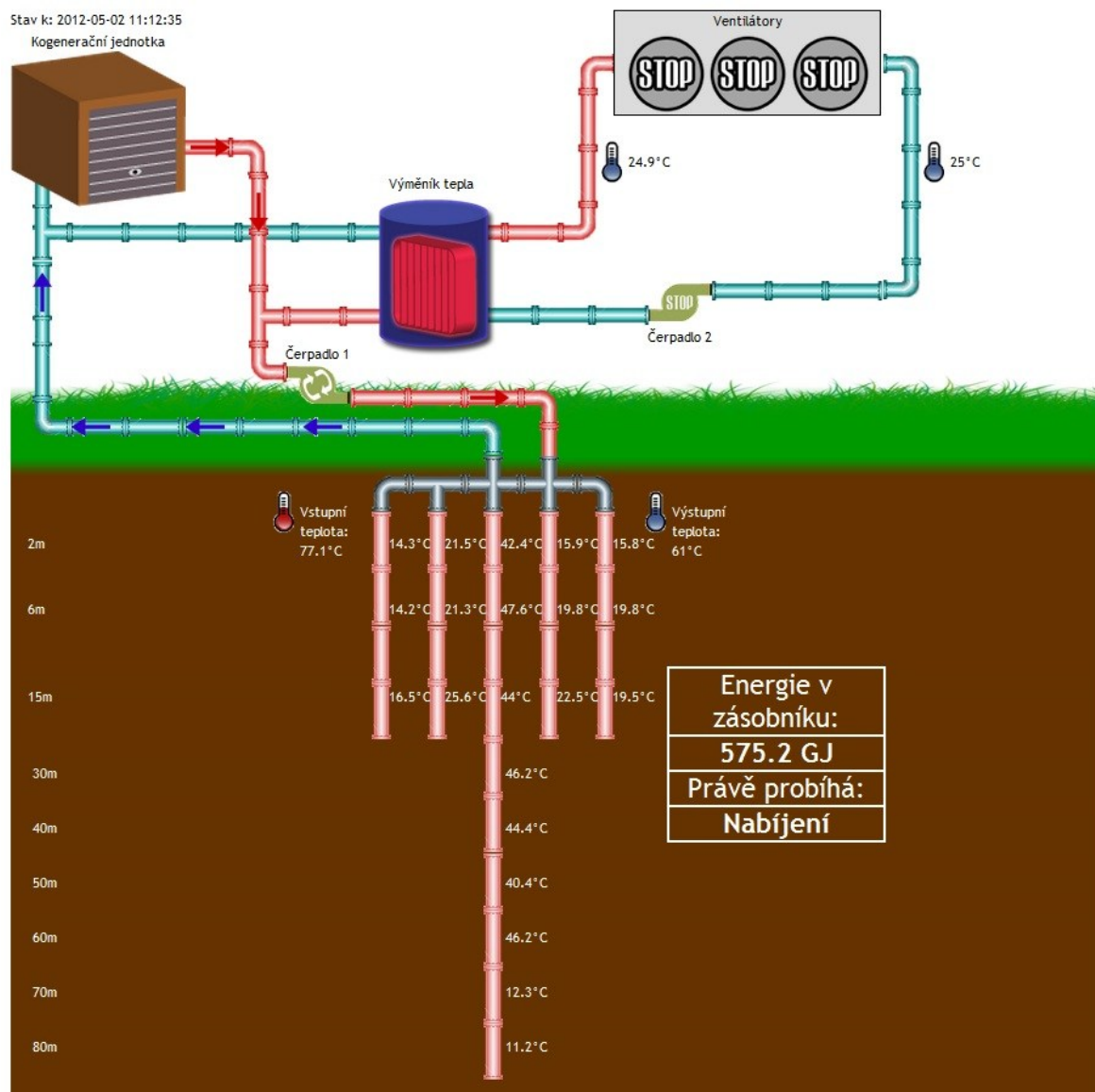
    (*UŽIVATELSKÉ JMÉNO DO EMAILOVÉHO ÚČTU*)
    (*HESLO DO UŽIVATELSKÉHO DO EMAILOVÉHO ÚČTU*)

END_PROGRAM

```

Příloha Obr. 34 Inicializace parametrů pro odeslání emailové zprávy

U. Webová vizualizace monitorování teplot pro Green Gas



Příloha Obr. 35 Webová vizualizace vytvořená pro monitorování stavů v areálu Green Gas DPB